

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Marko Ružić

MODEL ZA ODREĐIVANJE
VRIJEDNOSTI KROMATIKE BOJA
PROMETNIH ZNAKOVA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2018.

Zagreb, 6. travnja 2018.

Zavod: **Zavod za prometnu signalizaciju**
Predmet: **Prometna signalizacija**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 4829

Pristupnik: **Marko Ružić (0135232795)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Model za određivanje vrijednosti kromatike boja prometnih znakova**

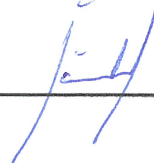
Opis zadatka:

Na percepciju poruke koju prometni znakovi nose uvelike utječe dizajna samog znaka, njegova retrorefleksija te kvaliteta boja sadržanih na znaku. S tehničkog aspekta, kvaliteta prometnih znakova ovisit će o zadovoljavanju minimalnih propisanih zahtjeva za retrorefleksijom i kromatikom boja. Kako s vremenom, najviše zbog utjecaja klimatskih uvjeta, boje i retrorefleksija znakova degradiraju, nužno je periodičkim ispitivanjem utvrditi njihovo stvarno stanje, odnosno kvalitetu. Cilj ovog diplomskog rada je na temelju mjerenja koeficijenta retrorefleksije i kromatike boja utvrditi njihovu međusobnu povezanost, odnosno izraditi model za određivanje kromatike boja na temelju vrijednosti retrorefleksije.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

prof. dr. sc. Anđelko Ščukanec



Sveučilište u zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**MODEL ZA ODREĐIVANJE VRIJEDNOSTI
KROMATIKE BOJA PROMETNIH ZNAKOVA**

**DETERMINATION MODEL FOR TRAFFIC
SIGN COLOR CHROMATICITY**

Mentor: prof. dr. sc. Anđelko Ščukanec

Student: Marko Ružić
JMBAG: 0135232795

Zagreb, rujan 2018.

MODEL ZA ODREĐIVANJE VRIJEDNOSTI KROMATIKE BOJA PROMETNIH ZNAKOVA

SAŽETAK

Kako bi se osiguralo sigurno odvijanje prometa, posebnu pozornost je potrebno posvetiti prijenosu informacija sudionicima u prometu. Takve informacije sudionici ponajprije dobivaju prometnom signalizacijom, odnosno prometnim znakovima i oznaka na kolniku. Vidljivost prometnih znakova ovisi o retrorefleksiji i kromatici boja, to jest o retroreflektirajućem materijalu od kojeg su izrađeni. Kromatika boja predstavlja nijansu, zasićenost i svjetlinu boje, a značajna je za jasno uočavanje, prepoznavanje i čitanje prometnih znakova tijekom dana. Svrha rada je istražiti povezanost između retrorefleksije i kromatike boja prometnih znakova te na temelju provedene analize izraditi model za određivanje kromatike boja na temelju vrijednosti retrorefleksije. Cilj navedenog modela je na temelju izmjerene retrorefleksije odrediti kromatičnost prometnih znakova u svrhu utvrđivanja njihove tehničke ispravnosti. Na temelju dobivenog modela moguće je planirati aktivnosti zamjene tehnički neispravnih znakova s ciljem optimizacije sustava održavanja prometnih znakova, povećavajući time razinu sigurnosti prometa uz istovremeno smanjenje troškova i vremena potrebnog za ispitivanje njihove kvalitete.

Ključne riječi: prometni znakovi, retrorefleksija, kromatika boja

SUMMARY

In order to ensure safe traffic flow, particular attention should be paid to the transfer of information to the participants in traffic. Such information is primarily provided by traffic signaling with traffic signs and road markings. The visibility of traffic signs depends on the retroreflection and chromaticity, which is determined by the material from which they are made of. Chromaticity represents a shade, saturation and color brightness, and is important for noticing, recognizing and reading traffic signs information during daytime. The purpose of this research is to investigate the correlation between retroreflection and chromaticity of the traffic signs and to develop a model for calculating the color chromaticity based on the value of the retroreflection. The object of aforementioned model is to determine traffic signs chromaticity based on measured retroreflection in order to evaluate their technical validity. Based on the obtained model, it is possible to plan the replacement of technically invalid signs in order to optimize the traffic signs maintenance system and thereby to increase the level of traffic safety while at the same time significantly reducing costs and time needed to test quality and validity of traffic signs.

Key words: traffic signs, retroreflection, color chromaticity

SADRŽAJ

1.	UVOD.....	1
2.	PODJELA PROMETNIH ZNAKOVA.....	3
2.1.	Znakovi opasnosti	4
2.2.	Znakovi izričitih naredbi	5
2.3.	Znakovi obavijesti	5
2.4.	Znakovi obavijesti za vođenje prometa.....	6
2.5.	Dopunske ploče	6
2.6.	Promjenjivi prometni znakovi.....	7
3.	VIZUALNA PERCEPCIJA PROMETNIH ZNAKOVA	8
4.	MATERIJALI ZA IZRADU PROMETNIH ZNAKOVA	12
4.1.	Materijali klase I – Engineer Grade	14
4.2.	Materijali klase II– High Intensity Grade	14
4.3.	Materijali klase III – Diamond Grade	15
5.	METODOLOGIJA ISPITIVANJA KROMATIKE I RETROREFLEKSIJE BOJA PROMETNIH ZNAKOVA	17
5.1.	Ispitivanje koeficijenta retrorefleksije.....	18
5.2.	Ispitivanje kromatike boja.....	22
6.	IZRADA MODELA ZA ODREĐIVANJE KROMATIKE BOJA PROMETNIH ZNAKOVA.....	25
6.1.	Crvena boja	25
6.1.1.	Klasa I – EG7930.....	25
6.1.2.	Klasa I - EGP	28
6.1.3.	Klasa II.....	29
6.1.4.	Klasa III – Diamond Grade Cubed	30
6.2.	Plava boja	32

6.2.1.	Klasa I - EG7930	32
6.2.2.	Klasa I - EGP	33
6.2.3.	Klasa II.....	35
6.2.4.	Klasa III – Diamond Grade Cubed	36
6.3.	Zelena boja	38
6.3.1.	Klasa I - EG7930	38
6.3.2.	Klasa I - EGP	40
6.3.3.	Klasa II.....	41
6.3.4.	Klasa III – Diamond Grade Cubed	42
6.4.	Žuta boja.....	44
6.4.1.	Klasa I - EG7930	44
6.4.2.	Klasa I - EGP	45
6.4.3.	Klasa II.....	47
6.4.4.	Klasa III – Diamond Grade Cubed	48
7.	ZAKLJUČAK.....	51
	LITERATURA.....	53
	POPIS SLIKA	54
	POPIS TABLICA.....	55
	POPIS GRAFIKONA.....	56
	POPIS PRILOGA.....	57
	IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI	80

1. UVOD

Kako bi se osiguralo sigurno i nesmetano odvijanje prometa potrebno je posebnu pozornost posvetiti prijenosu informacija sudionicima u prometu. Te informacije sudionici u prometu dobivaju prometnom signalizacijom, odnosno pomoću prometnih znakova i oznaka na kolniku. Vidljivost prometnih znakova ovisi o materijalu od kojih su prometni znakovi izrađeni, odnosno o retrorefleksiji i kromatici boja. Retroreflektirajući materijali vraćaju dolazno svjetlo nazad prema svom izvoru, odnosno vraćaju svjetlo koje dolazi od farova vozila u oči vozača i omogućuju poboljšanu vidljivost znakova noću i u uvjetima smanjene vidljivosti. Kromatika boja predstavlja nijansu, zasićenost i svjetlinu boje, a značajna je za jasno uočavanje, prepoznavanje i čitanje prometnih znakova tijekom dana.

Prilikom proizvodnje prometnih znakova u većini slučajeva osnovna boja znaka (boja retroreflektirajućeg materijala od kojeg je znak izrađen) je bijela, a sve ostale boje se u pravilu nanose metodom sitotiska ili plotanjem. Nanošenjem boje na bijelu retroreflektirajuću foliju umanjuje se njena retrorefleksija s obzirom da pigment boje ograničava prolazak svjetlosti do retroreflektirajućih elemenata unutar folije. Također, tijekom eksploatacije znaka dolazi do posvjetljivanja boje te time i povećanja retrorefleksije. Gledano s aspekta tehničke ispravnosti, prometni znak je tehnički ispravan kada su mu i retrorefleksija i kromatika boja unutar propisanih vrijednosti.

Tijekom svog funkcionalnog životnog vijeka prometni znakovi gube svoja retroreflektirajuća i kromatična svojstva čime se smanjuje i njihova uočljivost od strane vozača što može utjecati na vozačevo ponašanje te opću sigurnost cestovnog prometa. Kako je ispitivanje kromatike boja relativno komplicirano i sporo, svrha rada je istražiti povezanost između retrorefleksije i kromatike boja prometnih znakova s ciljem izrade modela koji će na temelju mjerenja retrorefleksije prometnih znakova odrediti i njihovu kromatičnost u svrhu utvrđivanja njihove tehničke ispravnosti. Na temelju dobivenog modela moguće je planirati aktivnosti zamjene tehnički neispravnih znakova u cilju optimizacije sustava održavanja prometnih znakova, a time i povećanja razine sigurnosti prometa. Primjenom modela moguće je znatno smanjiti troškove i vrijeme potrebno za ispitivanje kvalitete prometnih znakova.

Rad je strukturno podijeljen u sedam cjelina:

1. Uvod
2. Podjela prometnih znakova
3. Percepcija prometnih znakova
4. Retroreflektirajući materijali za izradu prometnih znakova
5. Postupak ispitivanja kvalitete retrorefleksije i kromatike boja prometnih znakova
6. Definiranje modela za određivanje kromatike boja prometnih znakova
7. Zaključak

Početni dio rada opisuje značenje prometnih znakova, njihovu svrhu i podjelu prema značenju, ali i uvjete koje prometni znakovi moraju udovoljavati kako bi bili učinkoviti.

U trećem je poglavlju naglašena važnost percepcije, odnosno uočavanja, prepoznavanja i čitanja prometnih znakova, prikazani su proces vizualne percepcije i navedeni čimbenici koji utječu na samu percepciju.

U četvrtom poglavlju se detaljno opisuje važnost uporabe prikladnih materijala za izradu prometnih znakova, njihove vrste i svojstva.

Peto poglavlje opisuje mjerne uređaje korištene za ispitivanja kvalitete retroreflektirajućih materijala, ali i sam postupak ispitivanja retrorefleksije i kromatike boja.

U šestom poglavlju prikazani su rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike boja, ali i cilj rada, odnosno analiza izmjerenih vrijednosti te definiranje njihovog međusobnog odnosa i modela za određivanje kromatike boja prometnih znakova. Za svaku boju i pojedine klase, prikazan je model izračuna kromatičnih koordinata boje, ali i točnost modela u odnosu na izmjerene vrijednosti.

2. PODJELA PROMETNIH ZNAKOVA

Informacije koje su potrebne za sigurno i nesmetano odvijanje prometa njegovi sudionici dobivaju ponajprije prometnom signalizacijom. Prometni znakovi dio su cjelokupnog sustava prometne signalizacije kojim se sudionici u prometu upozoravaju na opasnost koja im prijeti na određenoj cesti ili dijelu ceste, stavljaju do znanja ograničenja, zabrane i obveze kojih se sudionici u prometu moraju držati i daju potrebne obavijesti za siguran i nesmetan tok prometa [1].

Kako bi bili učinkoviti, prometni znakovi moraju zadovoljavati sljedeće uvjete [1]:

- zadovoljavati potrebe sudionika u prometu
- privući pozornost vozača,
- prenositi jednostavne i jasne informacije
- pobuđivati respekt vozača i pješaka
- biti smješteni tako da sudionicima u prometu daju dovoljno vremena za pravilnu reakciju.

S povećanjem broja sudionika cestovnog prometa rasla je i svijest o potrebi uvođenja standardiziranih prometnih znakova koje će svi ljudi razumjeti. Zato su već na prvoj međunarodnoj Konvenciji o cestovnom i automobilskom prometu 1909. godine u Parizu definirani osnovni oblici prometnih znakova: trokut, krug, kvadrat i pravokutnik [1]. Osim tih osnovnih oblika, postupno su uvedeni i još neki, kao što su osmerokut i romb. Prometni znakovi se osim po obliku, mogu podijeliti prema nizu drugih čimbenika kao što su: boja, dimenzije, značenje, način izrade, razina retrorefleksije itd.

Svi prometni znakovi u RH, moraju biti izrađeni i postavljeni prema hrvatskim normama te na temelju prometnog elaborata. Prema Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/2005), dimenzije prometnih znakova definirane su dužinom, širinom i polumjerom za pojedine kategorije ceste. Boje koje se koriste kod njihove izrade su bijela, žuta, crvena, plava, zelena i crna, te za posebne uvjete narančasta i smeđa [2]. Kao i kod oblika, svaka boja nosi posebno značenje i rezervirana je za pojedinu grupu prometnih znakova.

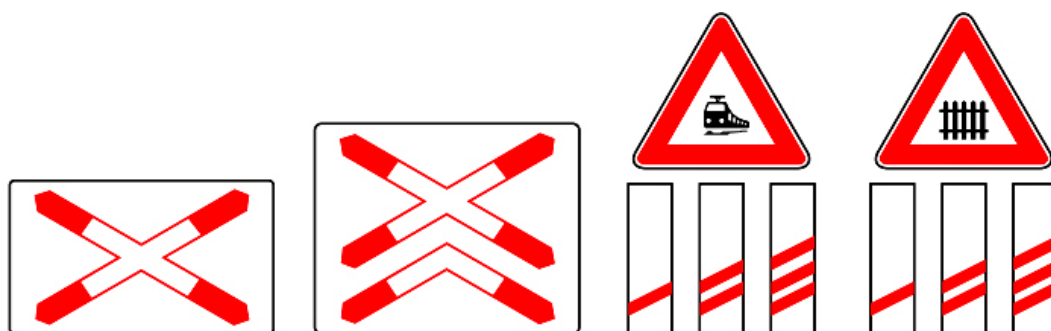
Iako postoji mnogo podjela, najznačajnija je ipak podjela znakova prema značenju. Sukladno Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama, prometni znakovi se prema funkciji dijele na [2]:

- znakove opasnosti
- znakove izričitih naredbi
- znakove obavijesti
- znakove obavijesti za vođenje prometa
- dopunske ploče
- promjenjive prometne znakove.

2.1. Znakovi opasnosti

Znakovi opasnosti imaju oblik istostraničnog trokuta čija se jedna stranica nalazi u vodoravnom položaju, a vrh nasuprot njoj okrenut je prema gore, osim znakova A47 i A48 (Andrijin križ), A49 (približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge s branicima ili polubranicima) i A50 (približavanje prijelazu ceste preko željezničke pruge bez branika ili polubranika) (Slika 1.). Oni označavaju blizinu dijela ceste ili mjesto na kojem sudionicima u prometu prijeti opasnost. Simboli na znakovima opasnosti su crne boje, osnovna boja znakova je bijela, a rubovi trokuta su crvene boje (osim znaka A25 čija je osnovna boja žuta) [2].

Duljina stranice istostraničnog trokuta propisana je ovisno o vrsti ceste gdje se znak nalazi, pa njezina duljina iznosi od 40 do 120 cm. Znakovi opasnosti se u pravilu postavljaju izvan naselja na udaljenosti 150 do 250 m ispred opasnog mjesta na cesti, a u slučaju da su postavljeni na udaljenosti manjoj od 150m ili većoj od 250 m, moraju im biti pridružene i dopunske ploče na kojima se označuje udaljenost od opasnog mjesta zbog kojeg se ti znakovi postavljaju [2].



Slika 1. Znakovi A47, A48, A49 i A50

Izvor: [2]

2.2. Znakovi izričitih naredbi

Znakovi izričitih naredbi stavljaju do znanja sudionicima u prometu na cesti zabrane, ograničenja i obveze. Za razliku od znakova opasnosti, postavljaju se neposredno na mjesta na kojima za sudionike u prometu počinje određena obveza, zabran ili ograničenje. Osim znakova B01 (raskrižje s cestom s prednošću prolaska) i B02 (obvezno zaustavljanje), svi imaju oblik kruga (Slika 2.). Osnovna boja znakova zabrane, odnosno ograničenja, je bijela, a osnovna boja znakova obveze plava. Simboli i natpisi na znakovima zabrane, odnosno ograničenja su crne boje, a na znakovima obveza bijele. Rub kruga te ravne i kose crte na znakovima izričitih naredbi na kojima postoje crvene su boje [2].

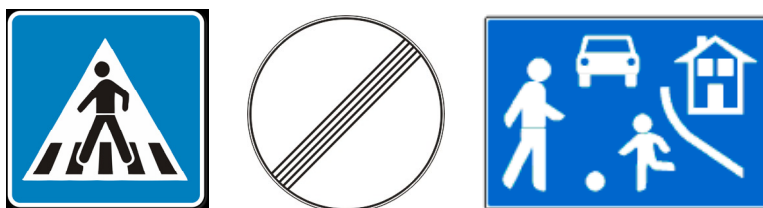


Slika 2. Znakovi B01, B02, B03

Izvor: [2]

2.3. Znakovi obavijesti

Znakovi obavijesti sudionicima u prometu daju potrebne obavijesti o cesti kojom se kreću, nazivima mjesta kroz koja cesta prolazi i udaljenosti do tih mjesta, prestanku važenja znakova izričitih naredbi te druge obavijesti koje im mogu koristiti. Postavljaju se tako da sudionicima u prometu daju prethodne obavijesti, obavijesti o prestrojavanju, obavijesti o skretanju, obavijesti o smjeru kretanja te da označe objekt, teren, ulicu ili dijelove ceste na koje se odnose. Mogu biti u tri oblika: oblik kvadrata, pravokutnika ili kruga. Osnovne boje znakova obavijesti su: plava sa simbolima i natpisima bijele, crne, crvene ili zelene boje, žuta sa simbolima i natpisima crne boje, zelena sa simbolima i natpisima bijele boje te bijela sa simbolima i natpisima crne, crvene ili plave boje [2].



Slika 3. Znakovi C02, C16, C25

Izvor: [2]

2.4. Znakovi obavijesti za vođenje prometa

Znakovi obavijesti za vođenje prometa obavješćuju sudionike u prometu o pružanju cestovnih smjerova, rasporedu odredišta i vođenju prometa prema njima, križanjima i čvorištima na određenom smjeru ceste i udaljenostima do odredišta. Njihova osnovna boja ovisi o kategoriji ceste na kojoj su postavljeni. Na autocestama boja je zelena sa simbolima i natpisima bijele boje, na brzim cestama plava sa simbolima i natpisima bijele boje, na državnim i ostalim cestama žuta sa simbolima i natpisima crne boje, a za dijelove gradova, naselja i značajne objekte bijela sa simbolima i natpisima crne boje [2].

Obavješćivanje sudionika u prometu znakovima obavijesti za vođenje prometa u zoni raskrižja provodi se u pet stupnjeva (Slika 4.): prethodno obavješćivanje, obavješćivanje o smjeru kretanja, obavješćivanje o prestrojavanju, obavješćivanje o skretanju i potvrdno obavješćivanje. Na autocestama, brzim cestama i cestama s raskrižjima u više razina mora se postaviti svih pet stupnjeva obavijesti za vođenje prometa. Na državnim cestama postavljaju se drugi, četvrti i peti stupanj, a treći ako je cesta s više prometnih traka. Na županijskim cestama postavljaju se drugi i četvrti stupanj, a na ostalim cestama najmanje četvrti stupanj obavijesti za vođenje prometa [2].

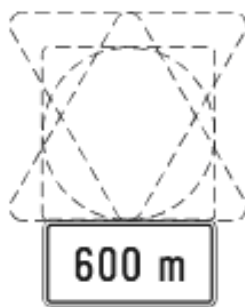


Slika 4. Znak D01 (1.stupanj), znak D03(2. stupanj), D09 (3. stupanj), D12 (4. stupanj), D17 (5. stupanj)

Izvor: [2]

2.5. Dopunske ploče

Dopunske ploče postavljaju se uz znakove opasnosti, znakove izričitih naredbi te znakove obavijesti ispod njihovog donjeg ruba kako bi pobliže odredile značenje tih znakova (Slika 5.). Iznimno, dopunske ploče na autocestama i brzim cestama mogu biti postavljene i iznad gornjeg ruba prometnog znaka. Njihova osnovna boja je bijela, a simboli su crne boje. Širina dopunske ploče postavljene uz znak na cesti ne smije biti veća od dužine one stranice znaka uz koji dopunska ploča postavlja. Visina dopunske ploče, u pravilu, ne smije iznositi više polovice njezine dužine [2].



Slika 5. Primjer dopunske ploče

Izvor: [2]

2.6. Promjenjivi prometni znakovi

Ako je zbog prometne sigurnosti ili prometno-tehničkih zahtjeva potrebno, uporabom elektromehaničkih tehnologija prometni znakovi u cijelosti ili djelomice mogu biti izvedeni kao promjenjivi znakovi. Prema izvedbi promjenjivi prometni znakovi mogu biti kontinuirani i nekontinuirani. Kontinuirani znakovi su oni koji su izglednom jednaki stalnim prometnim znakovima, a jedina razlika je da uporabom elektromehaničkih sredstava mogu prikazivati različite poruke. Nekontinuirani znakovi su oni kod kojih je moguća inverzija boja i pojednostavljen prikaz simbola u odnosu na stalne prometne znakove. Poruke se oblikuju uporabom pojedinačnih elemenata koji mogu biti u jednom od dva stanja (ili više), čime mogu oblikovati različite poruke na istoj prednjoj strani znaka [1].

Nekontinuirani znakovi mogu se izvesti u tehnologiji optičkih vlakana (fiber – optics), svjetlosnih polja, dodanih na obične znakove, svjetlećih dioda (LED) ili tekućih kristala (LCD). Ako tehnologija izvedbe promjenljivog prometnog znaka ne omogućuje propisanu boju, umjesto osnovne bijele i plave boje znaka upotrebljava se crna boja bez refleksije, umjesto crnih i bijelih simbola upotrebljavaju se bijeli (žuti) simboli znaka i umjesto crnih rubova znaka, bijeli (žuti) rub znaka [1].

3. VIZUALNA PERCEPCIJA PROMETNIH ZNAKOVA

Percepcija je složeni nesvjesni proces aktivnog prikupljanja, organiziranja i interpretiranja primljenih osjetnih informacija i već postojećih informacija koji omogućuje pojedincu upoznavanja i prepoznavanje značenja predmeta, pojava i događaja u okolini. Temelji se na informacijama dobivenim iz okoline, ali i na postojećem znanju, iskustvu, očekivanju, emocijama itd. [1].

Vizualna percepcija je ključna za sigurno odvijanje prometa. Procjenjuje se da je 90% svih za vožnju potrebnih informacija vizualnog karaktera. Svaki prometni znak predstavlja jedan pojam ili poruku koja vozaču mora biti jasna i prepoznatljiva. Prilikom vožnje kontakt vozača i prometnog znaka vrlo je kratak. Zbog toga se prometni znakovi trebaju postavljati i održavati na način da ih sudionici u prometu mogu, u svim vremenskim i prometnim uvjetima, na vrijeme uočiti te pravovremeno reagirati u skladu s njihovim značenjem [1].

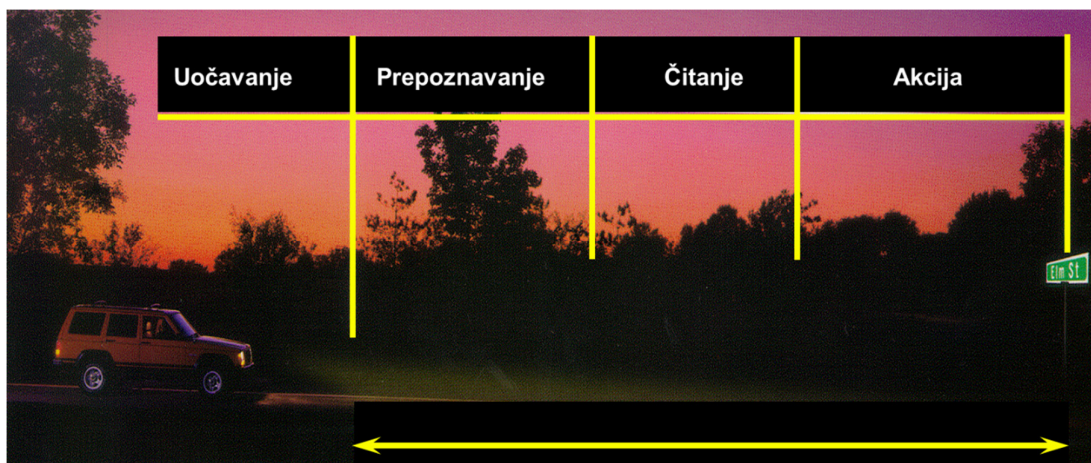
Proces vizualne percepcije sastoji se od dva istovremena procesa obrade informacija: obrade trenutno dobivenih i postojećih informacija. Taj proces, odnosno kontakt vozača i prometnog znaka događa se u tri faze prikazane na slici 6.[1]:

- uočavanje
- prepoznavanje
- čitanje.

U fazi uočavanja vozač otkriva i registrira najmanju površinu koju ljudsko oko može otkriti u kontaktu s okolinom. Tijekom vožnje to znači da percipira postojanje određenog objekta za koji, s obzirom na njegovu poziciju, pretpostavlja da je prometni znak.

U drugoj fazi, fazi prepoznavanja vozač raspoznaje znak po boji i obliku, čime automatski prepoznaje i kategoriju znaka jer su pojedini oblici i boje na znaku specifični za određenu kategoriju. Iako, vozač percipira oblik i boje što mu omogućava generalno prepoznavanje vrste poruke, u fazi prepoznavanja vozač ne čita sam simbol na znaku, odnosno ne percipira točno značenje znaka.

Zadnja, a ujedno i najvažnija faza je čitanje. U njoj vozač percipira, odnosno prepoznaje poruku znaka te sukladno njoj prilagođava svoje ponašanje. Čitanje je ujedno i najsloženija faza jer do izražaja dolazi oblik i veličina simbola i slova, međusobni raspored i kontrast između podloge i simbola i slova.



Slika 6. Faze percepcije prometnog znaka

Izvor: [1]

Propisima iz Zakona i Pravilnika određeni su: izgled i dimenzije znaka, kada se uz stalne postavljaju i privremeni znakovi, kako se prometni znakovi moraju održavati, na kojoj visini se postavljaju, s koje strane ceste se postavljaju, koliko znakova se smije postaviti na jedan stup itd. Međutim, sve to nije dovoljno jer na vidljivost, a samim time i percepciju prometnog znaka, utječe niz čimbenika. Svi ti čimbenici se generalno mogu podijeliti u tri skupine [1]:

- posljedica utjecaja okoline
- posljedica utjecaja vozača
- posljedica utjecaja vozila.

Problemi zbog utjecaja okoline pojavljuju se u dva oblika: problemi nastali zbog utjecaja iz atmosfere i problemi nastali zbog karakteristika pozadine koje utječu na uočljivost objekta te utjecaja „vizualnog nereda“. Utjecaji iz atmosfere su kiša, snijeg, mraz, rosa i magla. Glavna karakteristika oborina u smislu vidljivosti je to da one apsorbiraju i raspršuju svjetlo te umanjuju retroreflektirajuća svojstva znakova i oznaka na kolniku. Također, umanjuju količinu svjetla koja iz vozila dopire do objekta, a time se smanjuje i količina svjetla koje se reflektira od objekta i vraća do vozačeva oka. U uvjetima magle i rose, svjetlo farova kao i retroreflektirajućih materijala skreće se i filtrira prolaskom kroz maglu, smanjujući time njihovo djelovanje. Snijeg poput prljavštine pokriva retroreflektirajuće materijale, ali budući da raspolaže visokim faktorom sjaja, lako je vidljiv pod svjetlima farova pa se ističe u odnosu na tamnije ceste i objekte uz cestu (Slika 7.). Mraz se smatra štetnim za retroreflektirajuće znakove, iako to nije potvrđeno, međutim uslijed utjecaja kristala mraza uništavaju se optička svojstva retroreflektirajućih materijala koji postaju neučinkoviti [3].



Slika 7. Uvjeti otežane vidljivosti uzrokovane vremenskim uvjetima

Izvor: [4]

Drugi problem, koji utječe na vidljivost, vezan uz okolinu, nastaje zbog karakteristika pozadine koje utječu na uočljivost objekta. Takozvani „vizualni nered“ su svi predmeti koji odvlače pozornost. To su najčešće razne reklame, koje su česta pojava tijekom vožnje, posebno u urbanoj okolini. (Slika 8.). One svojim velikim dimenzijama i raznolikim bojama privlače oko vozača te time utječu na percepciju prometnih znakova [3].



Slika 8. Prometni znakovi u urbanoj sredini

Izvor: [5]

U takvim uvjetima je potrebno povećati retrorefleksiju znakova za jednake udaljenosti kako bi se osiguralo njihovo uočavanje od strane vozača. Osim reklama, na proces percepcije znaka utječe i položaj trase ceste, njezina širina.

Ključni elementi vizualne percepcije koje vozači moraju imati su: vizualna jasnoća, periferni vid (sposobnost da se vidi sa strane, dok se gleda ravno), percepcija dubine, noćni vid i razlikovanje boja. Iz toga proizlaze i problemi na koje u prometu utječe vozač. Oni mogu biti povremeni i stalni. Povremeni problemi vezani su uz umor, utjecaj lijekova, alkohola i droga te stres. Stalni problemi vezani su uz gubitak oštine vida, sljepoća na boje, noćna sljepoća, mrena i kratkovidnost. Stariji vozači generalno pokazuju slabije rezultate u testovima uočavanja znakova, njegove identifikacije i udaljenosti na kojoj se on može pročitati upravo zbog slabljena koeficijenta oštine vida [6].

Problemi uzrokovani vozilom vezani su uz vjetrobransko staklo i farove. Vjetrobransko staklo je jedan od ključnih elemenata u vozilu čija je glavna funkcija zaštita vozača od vjetra, letećih predmeta i elemenata, a istovremeno mora i omogućavati vozaču da vidi cestu. Zagađivači, površinska oštećenja i ogrebotine raspršuju svjetlo koje prolazi kroz staklo, smanjujući vidljivost i povećavajući efekt bljeska. Provedene studije, pokazale su da se vjerojatnost otkrivanja objekata smanjuje s 91% kod čistog vjetrobranskog stakla na 73% kod vjetrobranskog stakla na kojemu je bila umjerena razina zamagljenosti ili prljavštine [6]. Osim zagađivača, i zatamnjene vjetrobranskog stakla smanjuje vidljivost.

Na vidljivost, naročito noću i u lošim vremenskim uvjetima, utječu i farovi. Prljavština na farovima ima utjecaj na kvalitetu svjetla iz farova, osobito za vrijeme vlažnog vremena. Tijekom mokrog i bljuzgavog vremena kod većine automobila je korisno osvjetljenje više nego upola smanjeno. Čak i male količine prljavštine na farovima uzrokuju apsorpciju i raspršenje svjetla, smanjujući “korisnu” izlaznu svjetlost. Zbog prljavštine na farovima dolazi do 50% smanjenja izlaza svjetla, što ima za posljedicu oko 10% smanjenja vidljivosti prema naprijed za kratka svjetla, a oko 15% smanjenje za duga svjetla [3]. Učinkovitost rada farova ovisi i o njihovoj pravilnoj usmjerenosti te tehničkoj ispravnosti.

4. MATERIJALI ZA IZRADU PROMETNIH ZNAKOVA

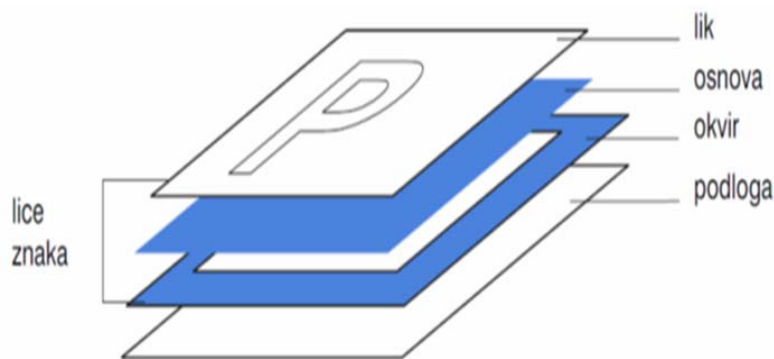
Čimbenici koji pomažu prepoznavanju znaka su njegova veličina, jednakost simbola, boja znaka i retrorefleksija. S obzirom da vožnja tijekom noći i u uvjetima smanjene vidljivosti predstavlja najsloženije uvjete vožnje za prometnu sigurnost, nužno je osigurati zadovoljavajuću razinu vidljivosti prometnih znakova. Kako bi znakovi bili vidljivi u navedenim uvjetima oni moraju biti izrađeni od retroreflektirajućih materijala.

Općenito, refleksija predstavlja odnos svjetlosti koja pada na neku površinu u odnosu na udio svjetlosti koji se odbija od te površine. [1]. Retroreflektirajući materijali znakova vraćaju dolazno svjetlo farova vozila u oči vozača te mu na taj način omogućavaju percepciju okoline ispred sebe. Retrorefleksija može biti sferična ili prizmatična.

Kod sferične retrorefleksije staklena kuglica lomi ulazni trak svjetlosti pri prolasku kroz prednju površinu staklene kuglice, zatim se svjetlost reflektira sa zrcalne površine iza kuglice, te se ponovnim prolaskom kroz prednju površinu svjetlost lomi i reflektira u smjeru svog izvora [1].

Kod prizmatične retrorefleksije tri jednake okomite površine čine prizmu na kojoj se ulazna svjetlost lomi i reflektira u smjeru svog izvora usporedno s ulaznim svjetlom. Oni su daleko savršeniji u odnosu na sferične i imaju veliki koeficijent retrorefleksije [1].

Svaki prometni znak sastoji se od lica i podloge (Slika 9.). Lice znaka izrađuje se od retroreflektirajućih materijala, odnosno folija. To je prednja strana znaka, odnosno ona koju sudionik u prometu vidi kada se približava prometnom znaku, a sastoji se od lika, osnove i okvira. Lik znaka čine simboli i/ili natpisi. Osnova znaka je element na kojem je upisan lik i nalazi se neposredno ispod simbola i teksta. Okvir je onaj dio znaka koji uokviruje ili zatvara simbol, odnosno natpis na znaku.



Slika 9. Dijelovi prometnog znaka

Izvor: [1]

Podlogu znaka je onaj dio znaka na kojem se nalazi osnova znaka sa svim elementima [1]. Izrađuje se od aluminijskog lima debljine u pravilu oko 2 mm. Nakon izrezivanja znak se savija po obodu radi povećanja njihove čvrstoće, a time i trajnosti. Pozadina znaka je zbog sprječavanje bliještenja i zasljepljivanja vozila iz suprotnog smjera lakirana sivom bojom [1].

Prilikom izrade prometnog znaka, ovisno o kategoriji cestovne prometnice za koju je predviđen, treba primijeniti retroreflektirajuću foliju određenoga tipa i određene klase retrorefleksije. Retroreflektirajući materijali od kojih se izrađuju prometni znakovi, baziraju se na sposobnosti retrorefleksije pomoću koje vraćaju dolazno svjetlo natrag u smjeru svog izvora, točnije prema očima vozača. Upravo zbog tog svojstva, retrorefleksija omogućuje odličnu vidljivost noću i u uvjetima smanjene vidljivosti.

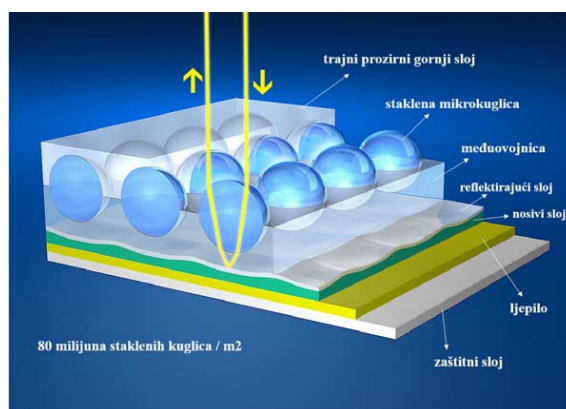
Prvi reflektirajući materijali za prometne znakove izrađeni su u Minnesoti 1939. godine. Danas se primjenjuju tri tipa retroreflektirajućih materijala [1]:

- Materijali klase I – Engineer Grade
- Materijali klase II – High Intensity Grade
- Materijali klase III – Diamond Grade

Ti materijali se razlikuju po jačini retrorefleksije, odnosno količini svjetla koja se reflektira nazad u smjeru izvora, garantnom roku te kutnosti. Snaga retrorefleksije mjeri se u jačini reflektiranog svjetla u odnosu na ulazno svjetlo po m^2 reflektirajućeg materijala (candela po luxu po $\text{m}^2 \rightarrow [\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}]$).

4.1. Materijali klase I – Engineer Grade

Kod materijala klase I, reflektirajuće folije su izrađene od trajnog materijala s uvezenim staklenim kuglicama. Ispod trajnog prozirnog gornjeg sloja nalaze se mikrokuglice, koje su umetnute u reflektirajući sloj i obavijene međuovojnicom. Ispod reflektirajućeg sloja nalazi se nosivi sloj na koji je ljepilom vezan zaštitni sloj koji se otklanja prilikom aplikacije (Slika 10). Njihova snaga retrorefleksije je $70 [\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}]$ i primjenjuju se u područjima slabijeg intenziteta prometa s manjim brzinama vožnje kao što su znakovi za parkirališta ili znakovi za smjer. Standardne boje su bijela, žuta, crvena, plava, zelena i smeđa. Jamstvo refleksije takvih folija iznosi sedam godina [3].



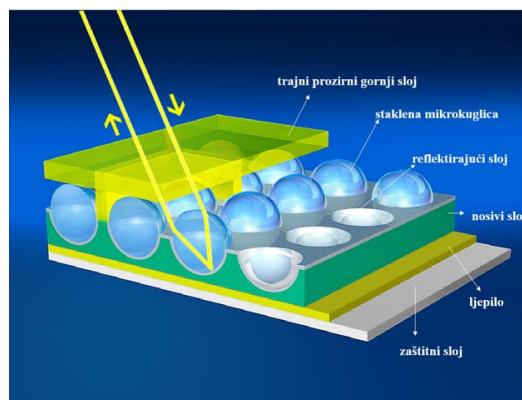
Slika 10. Presjek folije

Izvor: [1]

Osim materijala klase I baziranih na sferičnoj retrorefleksiji, postoje i materijali klase I s mikrop prizmama oblikovanim u prozirnoj sintetskoj smoli, hermetički zatvorenih i s ljepilom aktiviranim na pritisak na poledini. Takvi materijali imaju povećanu snagu retrorefleksije [1].

4.2. Materijali klase II– High Intensity Grade

Reflektirajući materijali klase II sadrže ućahurene staklene mikrokuglice koje su trostruko sjajnije od reflektirajućih folija klase I. Mikrokuglice se ne ulijevaju u plastiku, već su nalijepljene na plastični nosač, a njihov gornji dio nalazi se u zraku napunjenoj kapsuli koja je zatvorena tankim prozirnim gornjim slojem (Slika 11). U odnosu na materijale klase I, materijali klase II nemaju međuovojnicu koja obavija mikrokuglice već su one izravno umetnute u reflektirajući sloj.



Slika 11. Presjek materijala klase II

Izvor: [1]

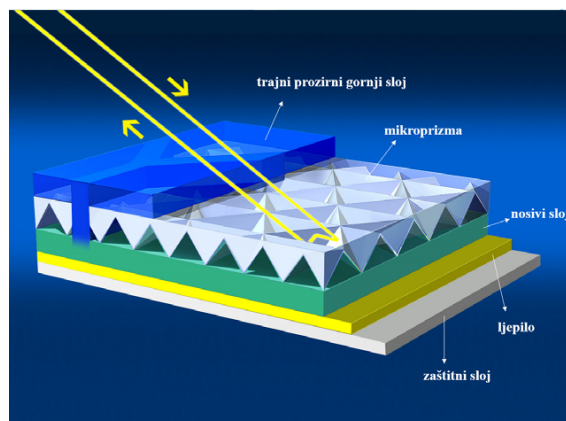
Snaga retrorefleksije ove reflektirajuće folije je oko $250 [\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}]$ i njihovo je jamstvo deset godina, nakon čega još uvijek zadržavaju 80% sjajnosti [1].

Danas postoje i materijali klase II izrađeni od trajnog materijala s mikroprizmama (optičkih prizmatskih leća) oblikovanih u prozirnoj sintetskoj smoli, hermetički zatvorenih i s ljepilom aktiviranim na pritisak na poledini, čime se ostvaruje trajno pričvršćivanje na supstrate prometnih znakova.

4.3. Materijali klase III – Diamond Grade

Materijal klase III izrađen je od vrlo učinkovitih mikroprizama zahvaljujući kojima su više nego trostruko sjajnije od folija s učahurenim staklenim mikrokuglicama (materijali klase II) i čak deseterostruko sjajnije od folija s uvezanim staklenim mikrokuglicama (materijali klase I). Jamstvo trajnosti retrorefleksije je 12 godina, a sjaj folije je $800 [\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}]$ [1].

Strukturu ovog materijala čine isključivo mikroprizme koje se nalaze na nosivom sloju, a preko njihovog gornjeg dijela nalazi se tanki prozirni sloj (Slika 12). Ovaj materijal ne sadrži reflektirajući sloj jer svojom strukturom, učinkovitim mikroprizmama, vraća znatno više raspoloživog svjetla (gotovo 60%) nego materijali klase I i II [1].



Slika 12. Presjek materijala klase III

Izvor: [1]

Iako ove folije posjeduju najbolja reflektirajuća svojstva, zbog svoje strukture ovaj materijal je deblji u odnosu na druge materijale, što stvara određene probleme u procesu proizvodnje.

Postoje četiri vrste reflektirajućih folija materijala klase III [1]:

- V.I.P. (Visual Impact Performance)
- L.D.P. (Long Distance Performance)
- Fluorescent
- Diamond Grade Cubed (DG³).

Primjenom V.I.P. reflektirajuće folije prometni znakovi se mogu jasno i nedvosmisleno izdvojiti iz okruženja, pa se upotrebljavaju u gradskom prometu i na kraćim udaljenostima. L.D.P. reflektirajuće folije se isključivo primjenjuju na autocestama i brzim cestama, gdje je potrebno osigurati vidljivost prometnog znaka na velikoj udaljenosti. Fluorescentne folije pomoću fluorescentnih boja pak omogućuju povećanu vidljivost i danju, a ne samo noću. Diamond Grade Cubed reflektirajuće folije predstavljaju kombinaciju V.I.P. i L.D.P., te se stoga mogu primijeniti i na gradskim cestama i na autocestama [1].

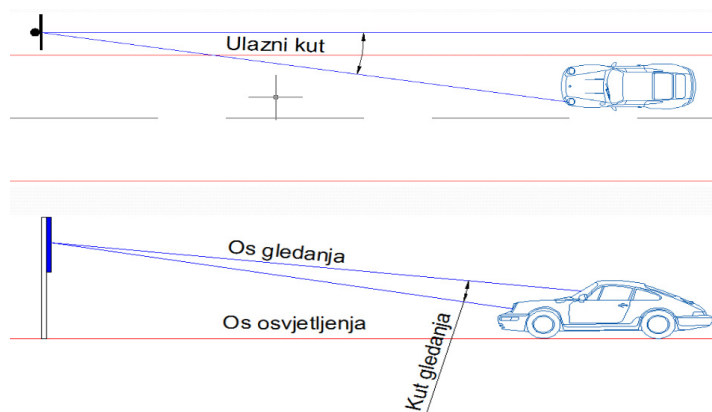
5. METODOLOGIJA ISPITIVANJA KROMATIKE I RETROREFLEKSIJE BOJA PROMETNIH ZNAKOVA

Vrlo važan element održavanja prometnih znakova je njihovo ispitivanje. Ispitivanja se provode zbog provjere odgovaraju li znakovi uvjetima određenim Pravilnikom o prometnim znakovima, opremi i signalizaciji na cestama (NN 33/2005) te zahtjevima definiranim Hrvatskim normama:

- HRN 1114:2002 - Prometni znakovi - Tehnički zahtjevi (*engl. Traffic signs -- Technical requirements*)
- HRN 1115:2002 - Prometni znakovi - Znakovi opasnosti - Oblikovanje znakova (*engl. Road signs - Danger warning signs - Design of signs*)
- HRN 1116:2002 - Prometni znakovi - Znakovi izričitih naredaba - Oblikovanje znakova (*engl. Road signs -- Prohibitory or restrictive signs -- Design of signs*)
- HRN 1117:2002 - Prometni znakovi - Znakovi obavijesti - Oblikovanje znakova (*engl. Road signs - Informative signs - Design of signs*)
- HRN 1118:2002 - Prometni znakovi - Znakovi obavijesti za vođenje prometa - Oblikovanje znakova (*engl. Traffic signs - Informative advance direction signs - Design*)
- HRN 1119:2002 - Prometni znakovi - Dopunske ploče - Oblikovanje znakova (*engl. Traffic signs - Additional panels - Design*)
- HRN 1126:2002 - Prometni znakovi - Oprema za ceste - Oblikovanje znakova (*engl. Traffic signs -- Road furniture -- Design*)
- HRN EN 12899-1:2008 - Stalni okomiti cestovni prometni znakovi - 1. dio: Stalni znakovi (EN 12899-1:2007) (*engl. Fixed, vertical road traffic signs - Part 1: Fixed signs (EN 12899-1:2007)*)
- HRN EN 12899-4:2008 - Stalni okomiti cestovni prometni znakovi - 4. dio: Tvornička kontrola proizvodnje (EN 12899-4:2007) (*engl. Fixed, vertical road traffic signs -- Part 4: Factory production control (EN 12899-4:2007)*)
- HRN EN 12899-5:2008 - Stalni okomiti cestovni prometni znakovi -- 5. dio: Početno ispitivanje tipa (EN 12899-5:2007) (*engl. Fixed, vertical road traffic signs - Part 5: Initial type testing (EN 12899-5:2007)*)

5.1. Ispitivanje koeficijenta retrorefleksije

Ispitivanja koeficijenta retrorefleksije se u Republici Hrvatskoj provode prema normi HRN 12899-1:2008. Kut gledanja iznosi $0,33^\circ$ ($20'$), a ulazni kut svjetla je 5° , kao što je prikazano na slici 13. [1]. Ulazni kut svjetla predstavlja kut koji se stvara između svjetlosne zrake koja pada na površinu znaka i linije koja izlazi okomito iz površine znaka, a određuje se položajem znaka uz rub ceste i geometrijom nadolazećeg položaja vozila. Kut gledanja predstavlja kut između ulazne zrake svjetlosti i reflektirane zrake svjetlosti i funkcija je visine vozačevog oka u odnosu na prednja svjetla vozila. Prema pretpostavci da retroreflektirajući materijal vraća većinu svjetla direktno nazad prema izvoru, optimalni kut gledanja bi trebao biti nula. Ipak, u stvarnosti to nije tako s obzirom da je postoji razlika u visini vozačevog oka i prednjeg svjetla vozila [7].



Slika 13. Ulazni kut svjetlosti i kut gledanja kod ispitivanja retrorefleksije

Izvor: [2]

Minimalni koeficijent retrorefleksije R_A retroreflektirajućih materijala za izradu prometnih znakova također je određen normom HRN 12899-1:2008, a prikazan je pomoću tablica u mjernim jedinicama [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$]. Vrijednosti propisane za materijale klase I prikazane su u tablici 1.

Tablica 1. Koeficijent retrorefleksije R_A za retroreflektirajuće materijale klase I
($\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)

Geometrija mjerenja		Boja				
Kut gledanja α	Ulazni kut β_1 ($\beta_2=0$)	bijela	žuta	crvena	zeleni	plava
0,2°	+5°	70	50	14,5	9	4
	+30°	30	22	6	3,5	1,7
	+40°	10	7	2	1,5	0,5
0,33°	+5°	50	35	10	7	2
	+30°	24	16	4	3	1
	+40°	9	6	1,8	1,2	#
2°	+5°	5	3	1	0,5	#
	+30°	2,5	1,5	0,5	0,3	#
	+40°	1,5	1,0	0,5	0,2	#

Izvor: [8]

Minimalne vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A retroreflektirajućih materijala za klasu II, izražene su u mjernim jedinicama [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] i moraju odgovarati vrijednostima propisanim u tablici 2..

Tablica 2. Koeficijent retrorefleksije R_A za retroreflektirajuće materijale Klase II
($\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)

Geometrija mjerenja		Boja				
Kut gledanja α	Ulazni kut β_1 ($\beta_2=0$)	bijela	žuta	crvena	zeleni	plava
0,2°	+5°	250	170	45	45	20
	+30°	150	100	25	25	11
	+40°	110	70	15	12	8
0,33°	+5°	180	120	25	21	14
	+30°	100	70	14	12	8
	+40°	95	60	13	11	7
2°	+5°	5	3	1	0,5	0,2
	+30°	2,5	1,5	0,4	0,3	#
	+40°	1,5	1,0	0,3	0,2	#

Izvor: [8]

Retroreflektirajući materijali Klase III trebaju imati minimalnu vrijednost koeficijenta retrorefleksije R_A prikazanu u tablici 3., a izraženu u mjernim jedinicama [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$].

Tablica 3. Koeficijent retrorefleksije R_A za retroreflektirajuće materijale Klase III
($\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)

Geometrija mjerenja		Boja				
Kut gledanja α	Ulazni kut β_1 ($\beta_2=0$)	bijela	žuta	crvena	zelen	plava
0,1°	+5°	850	550	170	85	55
	+20°	600	390	120	60	40
	+30°	425	275	85	40	28
0,2°	+5°	625	400	125	60	40
	+20°	450	290	90	45	30
	+30°	325	210	65	30	20
0,33°	+5°	425	275	85	40	28
	+20°	300	195	60	30	20
	+30°	225	145	45	20	15

Izvor: [8]

Podaci o koeficijentima retrorefleksije potrebnima za ovaj rad prikupljeni su ispitivanjem retrorefleksije materijala za izradu prometnih znakova u Zavodu za prometnu signalizaciju Fakulteta prometnih znanosti, Sveučilišta u Zagrebu. Ispitivanje je izvršeno pomoću uređaja za mjerenje retrorefleksije Zehntner ZRS 6060 (Slika 14.) koji koristi LED osvjetljenje i 3,5" dodirni zaslon u boji visoke rezolucije s podesivim nagibom zaslona te omogućava mjerenje svih vrsta i boja retroreflektirajućeg materijala[15].

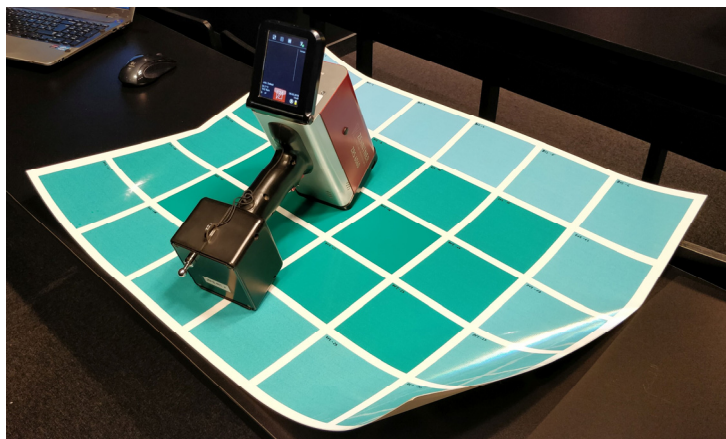


Slika 14. Uređaj za mjerenje retrorefleksije Zehntner ZRS 6060

Izvor: [9]

Za izradu modela su korištene samo prizmatične folije, zbog toga što je tehnologija proizvodnje folija sa sferičnom retrorefleksijom zastarjela, daje puno lošije rezultate od prizmatične i danas se gotovo više i ne koristi.

Primjer izgleda mjernih uzoraka prikazan je na slici 15. Na bijele retroreflektirajuće prizmatične folije (Klasa I: EGP i EG7930; Klasa II; Klasa III: Diamond Grade Cubed) isprintano je 30 nijansi zelene, 90 nijansi žute i 100 nijansi crvene i plave boje. Na svakoj nijansi je pet puta izmjeren je koeficijent retrorefleksije, a kao rezultat je uzeta prosječna vrijednost tih mjerenja.

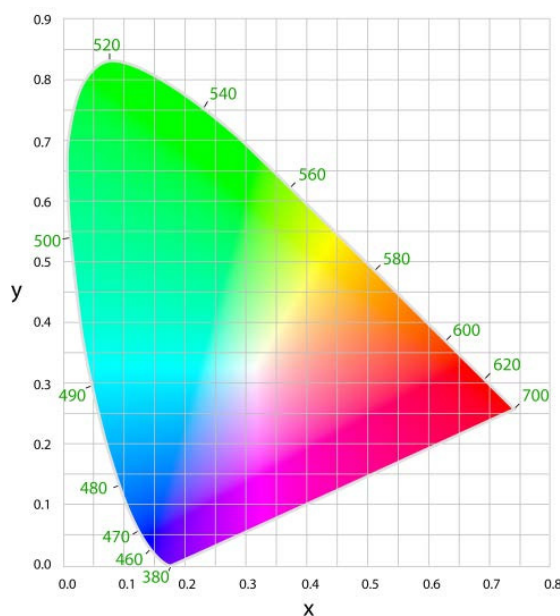


Slika 15. Prikaz mjernog uređaja i primjera mjernih uzoraka

5.2. Ispitivanje kromatike boja

Boja ima veliki značaj kod uređaja za kontrolu prometa: znakovima, signalima i oznakama koji su obično prikazani određenom bojom s namjerom da vozač primi informaciju o njihovoj svrsi. Neki objekti na cesti se značajno opažaju i prepoznaju na osnovi njihove boje, no uglavnom se kod većine sustava kontrole prometa ne oslanja na boju kao na primarno značenje. Položaj i oblik signala za kontrolu prometa koriste se zajedno s bojom kao indikator za razumijevanje njihove poruke. Boja je nešto što se može mjeriti i izraziti pomoću brojeva, te se razvila znanost koja se bavi mjerenjem boja, a naziva se kolorimetrija [10].

Međunarodna komisija za rasvjetu (Commission internationale de l'éclairage-CIE) koja se bavi tehničkim i znanstvenim i kulturološkim aspektima rasvjete, svjetla, boje i prostora boja, definirala je spektar raspodjele energije zračenja različitih tipova bijelog svjetla i standardizirala vrste svjetlosti (rasvjete). Kod mjerenja kolorimetrije boja, korištena je standardizirana vrsta svjetlosti, odnosno iluminat D65 koji predstavlja dnevno svjetlo temperature 6504K. Da bi se vizualno prezentirao raspon boja koje može vidjeti prosječni čovjek, CIE je definirala dvodimenzionalni prostor u kojem su ucrtane sve boje vidljive ljudskim okom. Boje podražaja definirane su kromatskim koordinatama x i y . Za definiranje boje dovoljne dvije vrijednosti, odnosno kromatske koordinate x i y [12]. U crtavanjem x i y koordinata u pravokutni koordinatni sustav dobije se dijagram oblika potkove prikazan na slici 16.



Slika 16. CIE dijagram kromatičnosti

Izvor: [11]

Podaci o kolorimetriji boja potrebnih za istraživanje prikupljeni su ispitivanjem identičnih uzoraka prikazanih na slici 15. Ispitivanje kolorimetrije materijala provođeno je na deset različitih točaka za svaku nijansu, odnosno uzorak boje, a kao rezultat je uzeta prosječna vrijednost tih mjerenja. Ispitivanje je izvršeno pomoću spektrofotometra Konica Minolta CM-2500c (Slika 17.), a podaci su obrađeni u programskom alatu *SpectraMagic NX*.



Slika 17. Spektrofotometar Konica Minolta CM-2500c

Izvor: [13]

Kod ispitivanja u skladu s odgovarajućim postupkom navedenim u normi HRN 12899-1:2008, korištenjem CIE standardnog dnevnog svjetla D65, kako bi bile tehnički ispravne i uočljive sudionicima u prometu tokom dana, kromatske koordinate boja moraju biti u propisanim granicama, odnosno razredima. Granice tih točaka su propisane normom i zadane u tablici 4. za CR1 razred i njegove pojedine razrede RA1 i RA2 za žutu boju, i u tablici 5. za razred CR2 i njegove pojedine razrede RA1 i RA2 za plavu, zelenu i žutu boju.

Tablica 4. Granice kromatičnih koordinata za razred CR1

BOJA	1		2		3		4	
	x	y	x	y	x	y	x	y
Crvena	0,735	0,265	0,674	0,236	0,569	0,341	0,655	0,345
Plava	0,078	0,171	0,150	0,220	0,210	0,160	0,137	0,038
Zelena	0,007	0,703	0,248	0,409	0,177	0,362	0,026	0,399
Žuta RA1	0,522	0,477	0,47	0,44	0,427	0,483	0,465	0,534
Žuta RA2	0,545	0,454	0,487	0,423	0,427	0,483	0,465	0,534

*Izvor: [8]***Tablica 5.** Granice kromatičnih koordinata za razred CR2

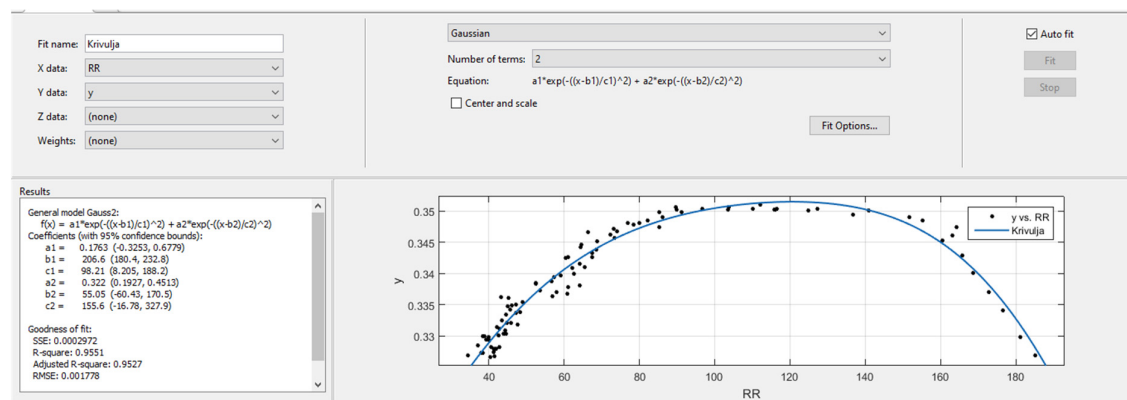
BOJA	1		2		3		4	
	x	y	x	y	x	y	x	y
Crvena	0,735	0,265	0,700	0,250	0,610	0,340	0,660	0,340
Plava RA1	0,130	0,086	0,160	0,086	0,160	0,120	0,130	0,120
Plava RA2	0,130	0,090	0,160	0,090	0,160	0,140	0,130	0,140
Zelena RA1	0,110	0,415	0,150	0,415	0,150	0,455	0,110	0,455
Zelena RA2	0,110	0,415	0,170	0,415	0,170	0,500	0,110	0,500
Žuta RA1	0,494	0,505	0,47	0,48	0,493	0,457	0,522	0,477
Žuta RA2	0,494	0,505	0,47	0,48	0,513	0,437	0,545	0,454

Izvor: [8]

6. IZRADA MODELA ZA ODREĐIVANJE KROMATIKE BOJA PROMETNIH ZNAKOVA

Model za određivanje kromatike boja prometnih znakova temelji se na rezultatima ispitivanja retrorefleksije i kromatike boja uzoraka materijala za izradu prometnih znakova. Za svaki uzorak je za izradu modela uzimana prosječna vrijednost od 10 ispitivanja kromatike i pet ispitivanja koeficijenta retrorefleksije. Uzorci su obrađeni pomoću programskog alata *MATLAB*, u kojem je dobivena povezanost između vrijednosti koeficijenta retrorefleksije i koordinata kromatike boja.

Na slici 18. je prikazan primjer izgleda dobivene krivulje uz izmjerene vrijednosti kolorimetrije i retrorefleksije u programskom alatu *MATLAB*, te njena pripadajuća funkcija.



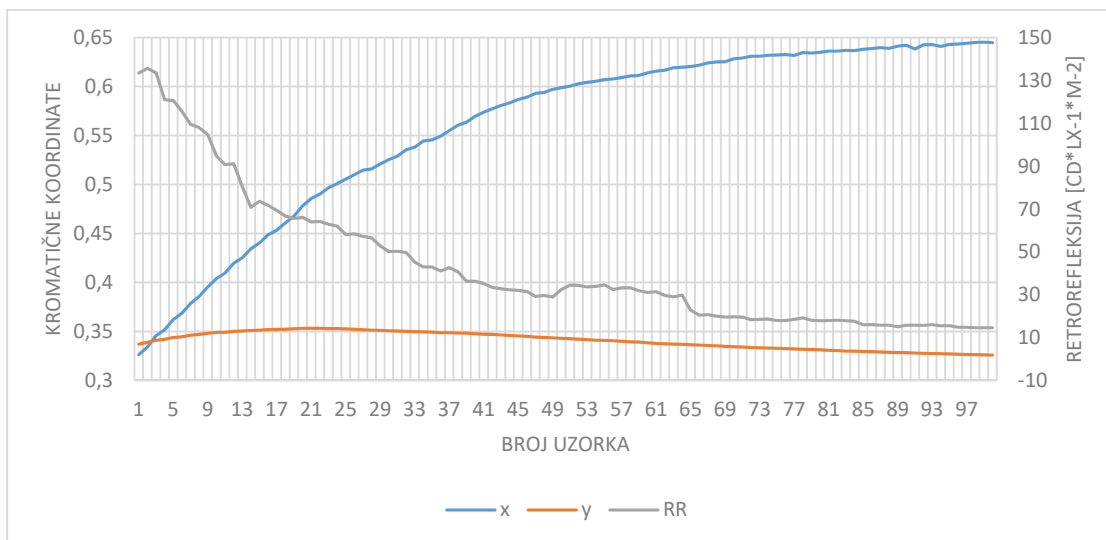
Slika 18. Primjer dobivene krivulje i pripadajuće formule u programskom alatu *MATLAB*

6.1. Crvena boja

Za sve tri klase crvene boje, provedena su ispitivanja na 100 uzoraka (Prilog 1.), a za izradu modela uzeta je prosječna vrijednost od 10 ispitivanja kromatike boja i pet ispitivanja koeficijenta retrorefleksije. Kolorimetrijski razredi izmjerenih koordinata za crvenu boju prikazani su u prilogu 5.

6.1.1. Klasa I – EG7930

Grafikon 1. prikazuje rezultate ispitivanja materijala klase I na kojem su sivom bojom prikazane vrijednosti retrorefleksije, a plavom i narančastom bojom x i y koordinate boja.



Grafikon 1. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase I crvene boje

Usporedbom izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate x , dobivena je sljedeća eksponencijalna formula:

$$x = 0,7073 \times e^{-0,005755 \times R_A} \quad (1)$$

Koeficijent determinacije iznosi 0,983, korigirani koeficijent determinacije 0,9828, a srednja kvadratna pogreška 0,01185:

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,01376
 - suma kvadrata odstupanja empirijskih vrijednosti varijable od vrijednosti definirane modelom (odstupanja izmjerenih vrijednosti od vrijednosti na krivulji dobivenoj modelom)
- R-square: koeficijent determinacije: 0,983
 - daje nam informaciju o tome koliko rasipanja izlaznih podataka potječe od funkcijske ovisnosti, a koliko otpada na tzv. rezidualno ili neobjašnjeno rasipanje. Također nam daje informaciju o tome koliko je jaka funkcijska veza između x i y . Model je reprezentativniji što je koeficijent determinacije bliži jedinici.
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9828
 - može biti manji ili jednak od koeficijenta determinacije, a ovisi i o broju vrijednosti za koje se računa. Kada se govori o jačini veze, ne smije se uzimati u obzir samo ovaj koeficijent, već i koeficijent determinacije.

- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,01185
 - srednje odstupanje pojedinog mjerenja jest mjera odstupanja pojedinih vrijednosti x_i od stvarne vrijednosti x , odnosno od srednje vrijednosti \bar{x} .

Uvrštavanjem izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate y , dobivena je sljedeća eksponencijalna formula:

$$y = 0,3944 \times e^{-0,001153 \times R_A} - 0,09484 \times e^{-0,0254 \times R_A} \quad (2)$$

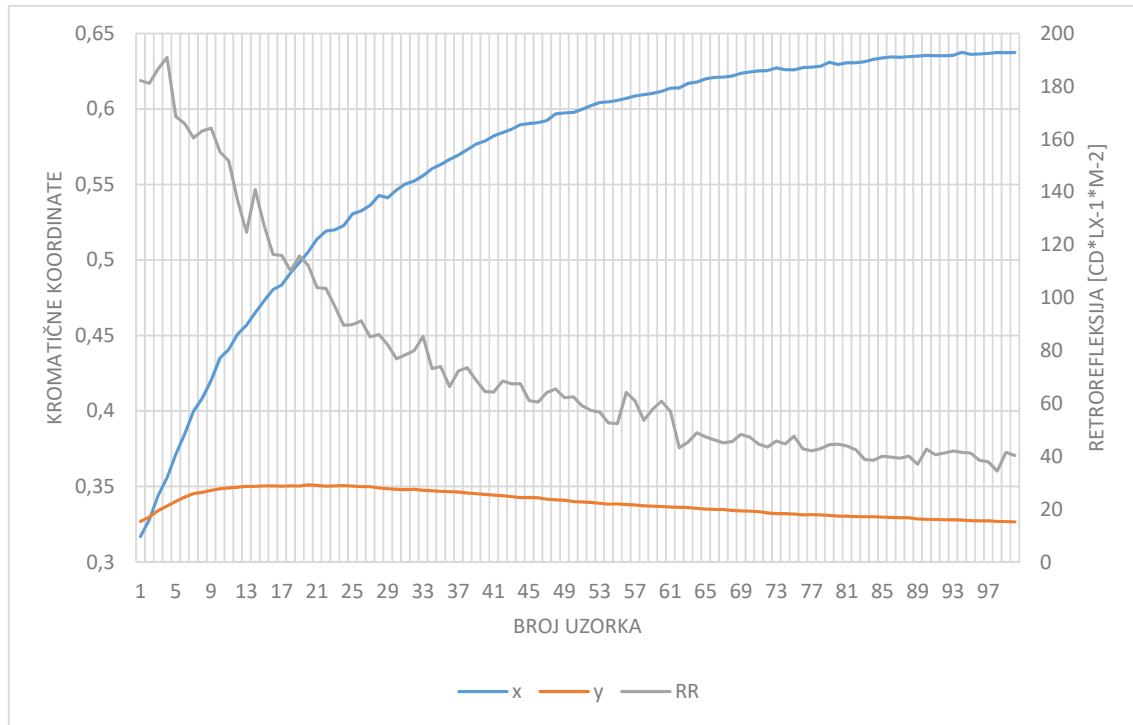
Koeficijent determinacije iznosi 0,9564, korigirani koeficijent determinacije 0,955, a srednja kvadratna pogreška 0,001874:

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,0003372
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9564
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,955
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,001874

Prema dobivenom modelu za crvenu boju, folije klase I – EG7930 s retrorefleksijom R_A od 5,4 do 25,1 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR2, a s retrorefleksijom od 25,2 do 30,8 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR1. Retroreflektirajuće folije s retrorefleksijom većom od 30,8 i manjom od 5,4 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ne ulaze ni u jedan dopušteni kromatski razred, odnosno koordinate boje nisu u propisanim granicama.

6.1.2. Klasa I - EGP

Grafikon 2. prikazuje rezultate ispitivanja materijala klase I na kojem su sivom bojom prikazane vrijednosti retrorefleksije, a plavom i narančastom bojom x i y koordinate boja.



Grafikon 2. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase I - EGP crvene boje

Usporedbom izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate x , dobivena je sljedeća formula za Gaussovu krivulju:

$$x = 0,6507 \times e^{(-(R_A - 14,8) \div 150,6)^2} + 0,1555 \times e^{(-(R_A - 161,8) \div 52,87)^2} \quad (3)$$

Koeficijent determinacije iznosi 0,9551, korigirani koeficijent determinacije 0,9527, a srednja kvadratna pogreška 0,001778:

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,0002972
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9551
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9527
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,001788

Uvrštavanjem izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate y , dobivena je sljedeća eksponencijalna formula:

$$y = 0,1763 \times e^{(-((R_A - 206,6) \div 98,21)^2)} + 0,322 \times e^{(-((R_A - 55,05) \div 155,6)^2)} \quad (4)$$

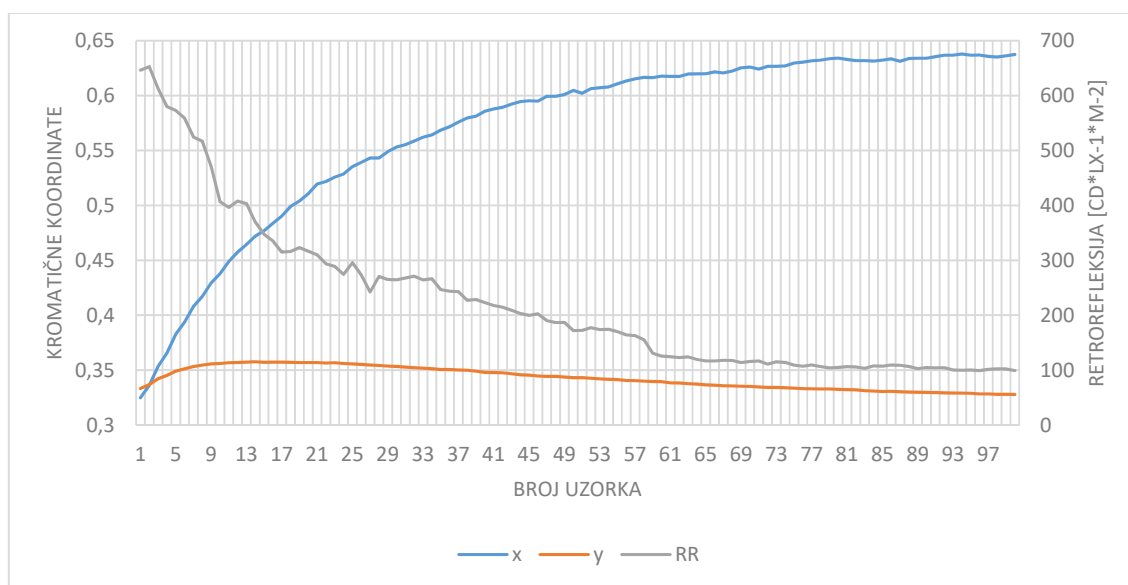
Koeficijent determinacije iznosi 0,9551, korigirani koeficijent determinacije 0,9527, a srednja kvadratna pogreška 0,001778:

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,0002972
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9551
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9527
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,001778

Prema dobivenom modelu za crvenu boju, folije klase I – EGP s retrorefleksijom R_A od 11 do 52,5 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR2, a s retrorefleksijom od 52,6 do 63,2 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR1. Retroreflektirajuće folije s retrorefleksijom većom od 63,2 i manjom od 11 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ne ulaze ni u jedan dopušteni kromatski razred, odnosno koordinate boje nisu u propisanim granicama.

6.1.3. Klasa II

Grafikon 3. prikazuje rezultate ispitivanja materijala klase II na kojem su sivom bojom prikazane vrijednosti retrorefleksije, a plavom i narančastom bojom x i y koordinate boja.



Grafikon 3. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase II crvene boje

Usporedbom izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate x , dobivena je sljedeća eksponencijalna formula:

$$x = 0,7194 \times e^{-0,00118 \times R_A} \quad (5)$$

Koeficijent determinacije iznosi 0,9945, korigirani koeficijent determinacije 0,9944, a srednja kvadratna pogreška 0,006161.

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,00372
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9945
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9944
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,006161

Uvrštavanjem izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate y , dobivena je sljedeća Gaussova funkcija:

$$y = 0,3609 \times e^{-(R_A - 356,2) \div 897,9)^2} \quad (6)$$

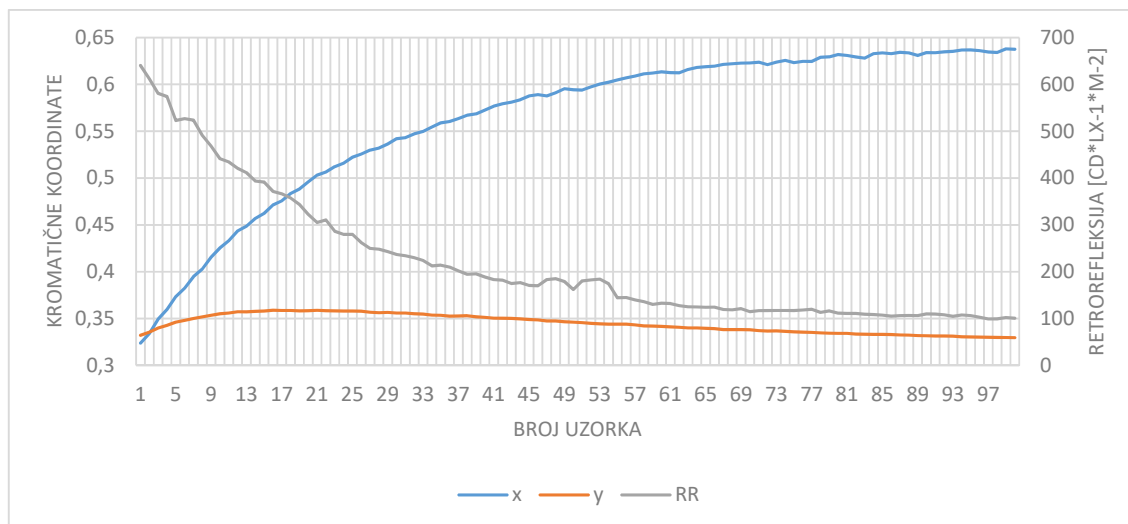
Koeficijent determinacije za koordinate y iznosi 0,9498, korigirani koeficijent determinacije 0,9488, a srednja kvadratna pogreška 0,002217.

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,0004768
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9498
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9488
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,002217

Prema dobivenom modelu za crvenu boju, folije klase II s retrorefleksijom R_A od 49 do 137,2 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR2, a s retrorefleksijom od 137,3 do 151 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR1. Retroreflektirajuće folije s retrorefleksijom većom od 151 i manjom od 49 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ne ulaze ni u jedan dopušteni kromatski razred, odnosno koordinate boje nisu u propisanim granicama.

6.1.4. Klasa III – Diamond Grade Cubed

Grafikon 4. prikazuje rezultate ispitivanja materijala klase III na kojem su sivom bojom prikazane vrijednosti retrorefleksije, a plavom i narančastom bojom x i y koordinate boja.



Grafikon 4. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase III crvene boje

Usporedbom izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate x , dobivena je sljedeća eksponencijalna formula:

$$x = 0,7194 \times e^{-0,00118 \times R_A} \quad (7)$$

Koeficijent determinacije iznosi 0,9945, korigirani koeficijent determinacije 0,9944, a srednja kvadratna pogreška 0,006161.

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,00372
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9945
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9944
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,006161

Uvrštavanjem izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate y , dobivena je sljedeća Gaussova funkcija:

$$y = 0,3609 \times e^{-(R_A - 356,2) / 897,9)^2} \quad (8)$$

Koeficijent determinacije za koordinate y iznosi 0,9498, korigirani koeficijent determinacije 0,9488, a srednja kvadratna pogreška 0,002217.

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,0004768
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9498
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9488
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,002217

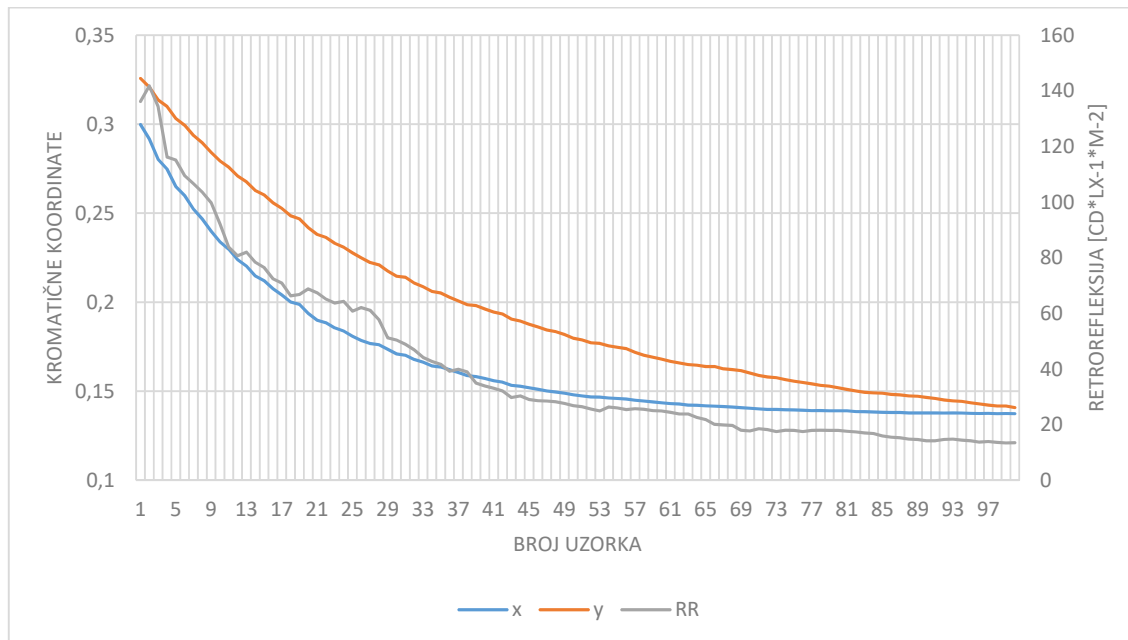
Prema dobivenom modelu za crvenu boju, folije klase III s retrorefleksijom R_A od 49 do 137,2 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR2, a s retrorefleksijom od 137,3 do 151 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR1. Retroreflektirajuće folije s retrorefleksijom većom od 151 i manjom od 49 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ne ulaze ni u jedan dopušteni kromatski razred, odnosno koordinate boje nisu u propisanim granicama.

6.2. Plava boja

Za sve tri ispitane klase plave boje, provedena su ispitivanja na 100 uzoraka (Prilog 2.), a za izradu modela uzeta je prosječna vrijednost od 10 ispitivanja kromatike boja i pet ispitivanja koeficijenta retrorefleksije. Kolorimetrijski razredi izmjerenih koordinata za plavu boju prikazani su u prilogu 6.

6.2.1. Klasa I - EG7930

Grafikon 5. prikazuje rezultate ispitivanja materijala klase I plave boje na kojem su linijom sive boje prikazane vrijednosti retrorefleksije, a linijama plave i narančaste boje x i y koordinate boja.



Grafikon 5. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase I plave boje

Usporedbom izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate x, dobivena je sljedeća eksponencijalna formula:

$$x = 0,1251 \times e^{-0,006437 \times R_A} \quad (9)$$

Koeficijent determinacije iznosi 0,9867, korigirani koeficijent determinacije 0,9866, a srednja kvadratna pogreška 0,004655.

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,002124
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9867
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9866
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,004655

Uvrštavanjem izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate y , dobivena je sljedeća Gaussova funkcija:

$$y = 0,317 \times e^{-(R_A - 143,3) \div 149,6)^2} \quad (10)$$

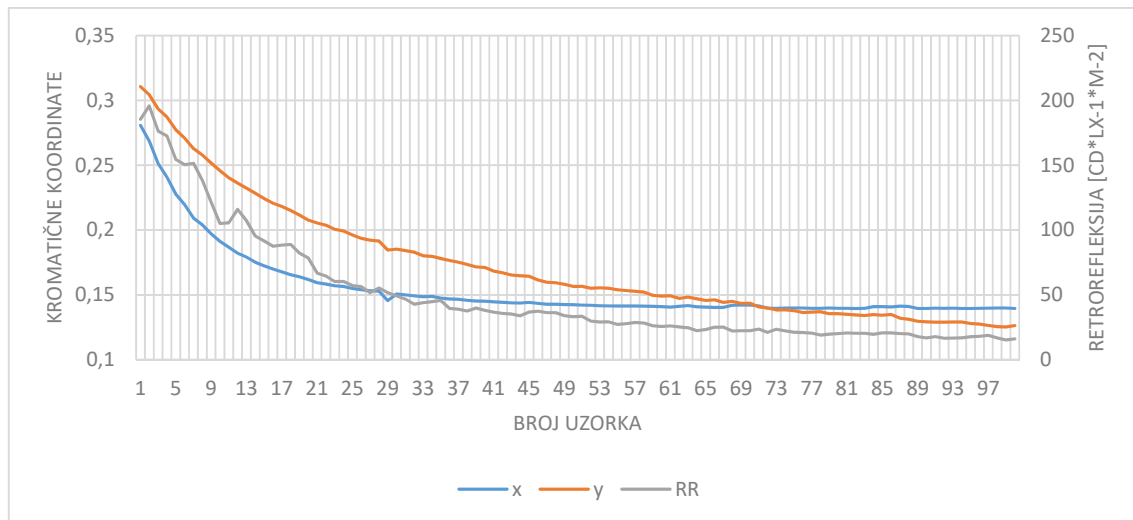
Koeficijent determinacije za koordinate y iznosi 0,9867, korigirani koeficijent determinacije 0,9864, a srednja kvadratna pogreška 0,005844.

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,003313
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9867
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9864
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,005844

Prema dobivenom modelu za plavu boju, folije klase I – EG7930 s retrorefleksijom R_A od 6 do 8,5 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR2-RA2, s retrorefleksijom od 1 do 6 i od 8,5 do 43,9 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR1. Retroreflektirajuće folije s retrorefleksijom većom od 43,9 i manjom od 1 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ne ulaze ni u jedan dopušteni kromatski razred, odnosno koordinate boje nisu u propisanim granicama.

6.2.2. Klasa I - EGP

Grafikon 6. prikazuje rezultate ispitivanja materijala klase I plave boje na kojem su linijom sive boje prikazane vrijednosti retrorefleksije, a linijama plave i narančaste boje x i y koordinate boja.



Grafikon 6. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase I - EGP plave boje

Usporedbom izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate x , dobivena je sljedeća eksponencijalna formula:

$$x = 0,1274 \times e^{-0,003675 \times R_A} \quad (11)$$

Koeficijent determinacije iznosi 0,9687, korigirani koeficijent determinacije 0,9684, a srednja kvadratna pogreška 0,005039.

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,002488
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9687
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9684
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,005039

Uvrštavanjem izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate y , dobivena je sljedeća Gaussova funkcija:

$$y = 0,1729 \times e^{0,002979 \times R_A} - 0,1044 \times e^{-0,0385 \times R_A} \quad (12)$$

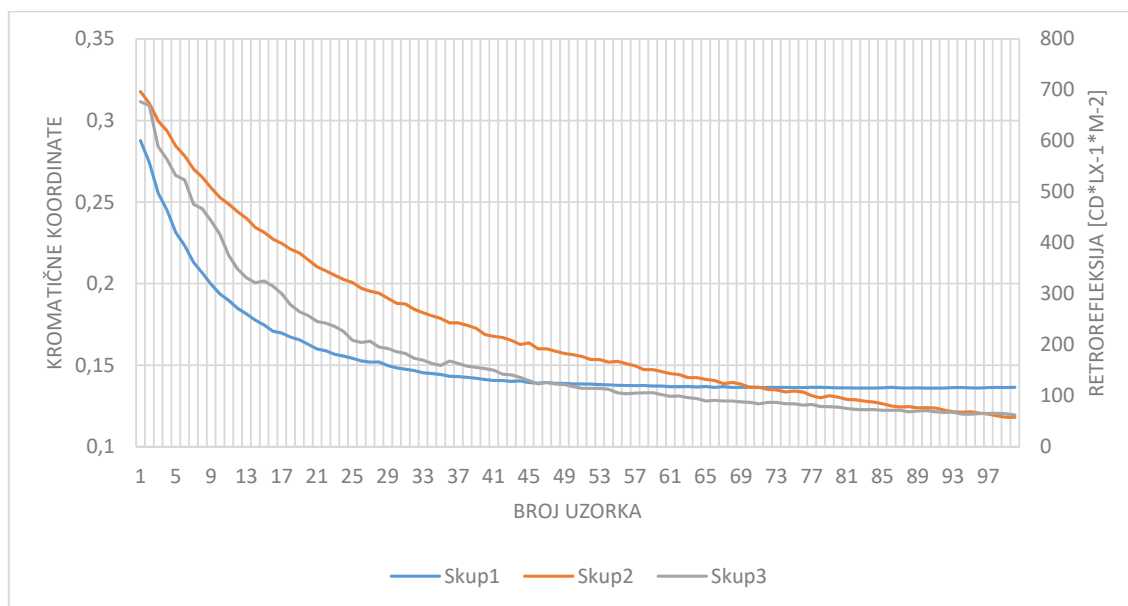
Koeficijent determinacije za koordinate y iznosi 0,9935, korigirani koeficijent determinacije 0,9933, a srednja kvadratna pogreška 0,003735.

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,001339
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9935
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9933
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,003735

Prema dobivenom modelu za plavu boju, folije klase I - EGP s retrorefleksijom R_A od 1 do 5,5 i od 22,1 do 69,5 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR1, s retrorefleksijom od 5,5 do 22 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR2-RA2, a s retrorefleksijom od 5,5 do 14,1 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR2-RA1. Retroreflektirajuće folije s retrorefleksijom većom od 69,5 i manjom od 1 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ne ulaze ni u jedan dopušteni kromatski razred, odnosno koordinate boje nisu u propisanim granicama.

6.2.3. Klasa II

Grafikon 7. prikazuje rezultate ispitivanja materijala klase II plave boje na kojem su linijom sive boje prikazane vrijednosti retrorefleksije, a linijama plave i narančaste boje x i y koordinate boja.



Grafikon 7. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase II plave boje

Usporedbom izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate x, dobivena je sljedeća eksponencijalna formula:

$$x = 0,03158 \times e^{-0,01484 \times R_A} + 0,1137 \times e^{0,001339 \times R_A} \quad (13)$$

Koeficijent determinacije iznosi 0,9965, korigirani koeficijent determinacije 0,9964, a srednja kvadratna pogreška 0,001847.

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,0003274
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9965
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9964

- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,001847

Uvrštavanjem izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate y , dobivena je sljedeća eksponencijalna funkcija:

$$y = 0,1945 \times e^{0,0007229 \times R_A} - 0,1331 \times e^{-0,007289 \times R_A} \quad (14)$$

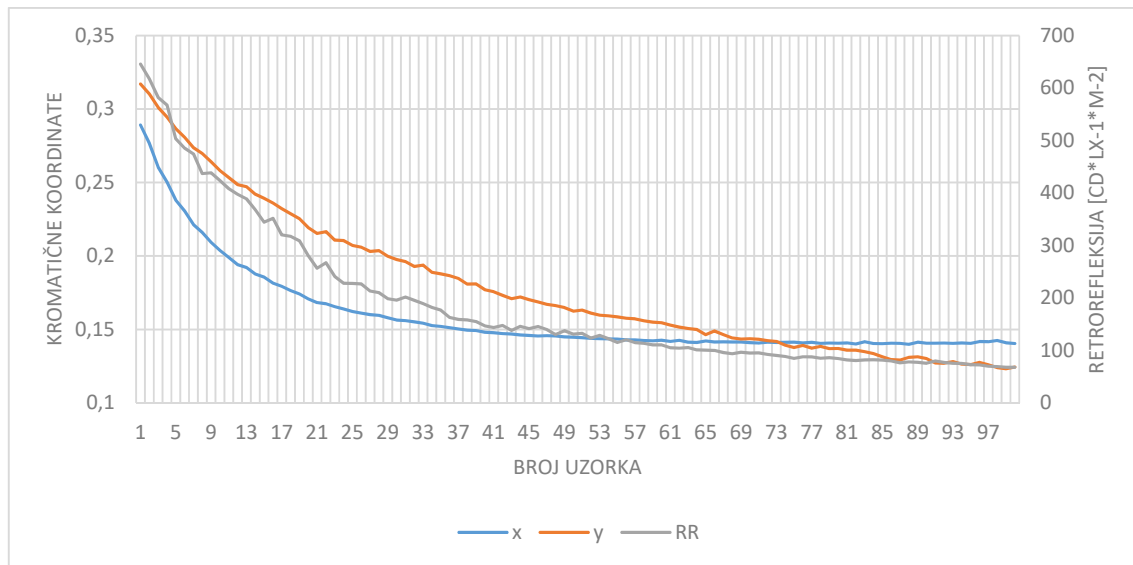
Koeficijent determinacije za koordinate y iznosi 0,9984, korigirani koeficijent determinacije 0,9983, a srednja kvadratna pogreška 0,002072.

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,0004122
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9984
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9983
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,002072

Prema dobivenom modelu za plavu boju, folije klase II s retrorefleksijom R_A od 1 do 24 i od 92,4 do 247,6 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR1, s retrorefleksijom od 28 do 92,3 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR2-RA2, a s retrorefleksijom od 24 do 63 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR2-RA1. Retroreflektirajuće folije s retrorefleksijom većom od 247,6 i manjom od 1 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ne ulaze ni u jedan dopušteni kromatski razred, odnosno koordinate boje nisu u propisanim granicama.

6.2.4. Klasa III – Diamond Grade Cubed

Grafikon 8. prikazuje rezultate ispitivanja materijala klase III plave boje na kojem su linijom sive boje prikazane vrijednosti retrorefleksije, a linijama plave i narančaste boje x i y koordinate boja.



Grafikon 8. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase III plave boje

Usporedbom izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate x , dobivena je sljedeća eksponencijalna formula:

$$x = 0,0394 \times e^{-0,003058 \times R_L} + 0,09584 \times e^{0,001687 \times R_L} \quad (15)$$

Koeficijent determinacije iznosi 0,9964, korigirani koeficijent determinacije 0,9963, a srednja kvadratna pogreška 0,00191.

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,0003502
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9964
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9963
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,00191

Uvrštavanjem izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate y , dobivena je sljedeća eksponencijalna funkcija:

$$y = 0,1762 \times e^{0,0009221 \times R_A} - 0,137 \times e^{-0,01093 \times R_A} \quad (16)$$

Koeficijent determinacije za koordinate y iznosi 0,9974, korigirani koeficijent determinacije 0,9973, a srednja kvadratna pogreška 0,002582.

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,0006399
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9974
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9973
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,002582

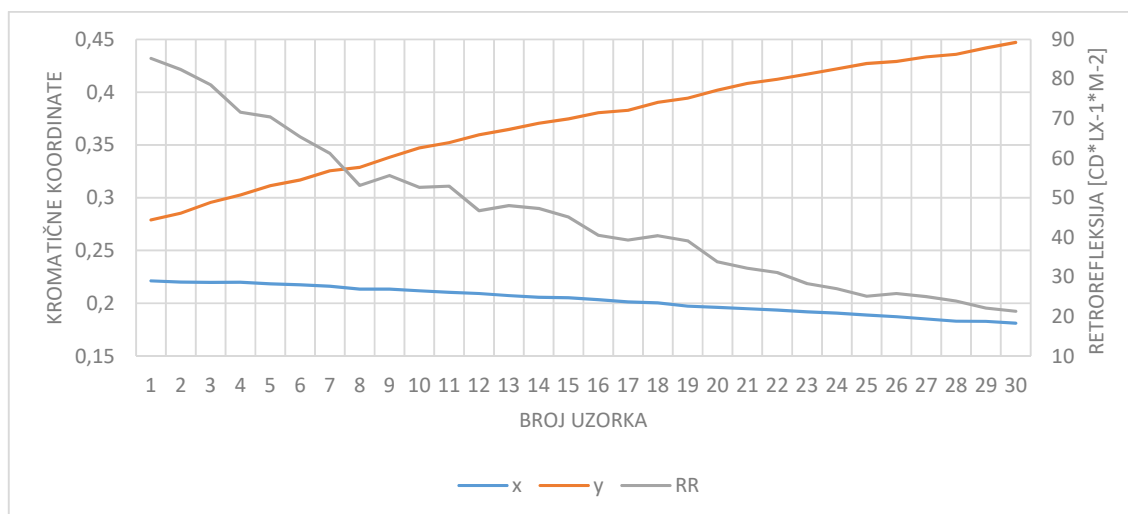
Prema dobivenom modelu za plavu boju, folije klase III s retrorefleksijom R_A od 2 do 33 i od 89,7 do 235,5 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR1, s retrorefleksijom od 36 do 89,6 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR2-RA2, a s retrorefleksijom od 33 do 64 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR2-RA1. Retroreflektirajuće folije s retrorefleksijom većom od 235,5 i manjom od 1 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ne ulaze ni u jedan dopušteni kromatski razred, odnosno koordinate boje nisu u propisanim granicama.

6.3. Zelena boja

Za sve tri ispitane klase zelene boje, provedena su ispitivanja na 30 uzoraka (Prilog 3.), a za izradu modela uzeta je prosječna vrijednost od 10 ispitivanja kromatike boja i pet ispitivanja koeficijenta retrorefleksije. Kolorimetrijski razredi izmjerenih koordinata za zelenu boju prikazani su u prilogu 7.

6.3.1. Klasa I - EG7930

Grafikon 9. prikazuje rezultate ispitivanja materijala klase I zelene boje na kojem su linijom sive boje prikazane vrijednosti retrorefleksije, a linijama plave i narančaste boje x i y koordinate boja.



Grafikon 9. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase I zelene boje

Usporedbom izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate x, dobivena je sljedeća eksponencijalna formula:

$$x = -0,02316 \times e^{0,02252 \times R_A} + 0,1843 \times e^{0,008402 \times R_A} \quad (17)$$

Koeficijent determinacije iznosi 0,9868, korigirani koeficijent determinacije 0,9852, a srednja kvadratna pogreška 0,001565.

- SSE – suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,00006367
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9868
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9852
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,001565

Uvrštavanjem izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate y , dobivena je sljedeća eksponencijalna funkcija:

$$y = 0,5186 \times e^{-0,007444 \times R_A} \quad (18)$$

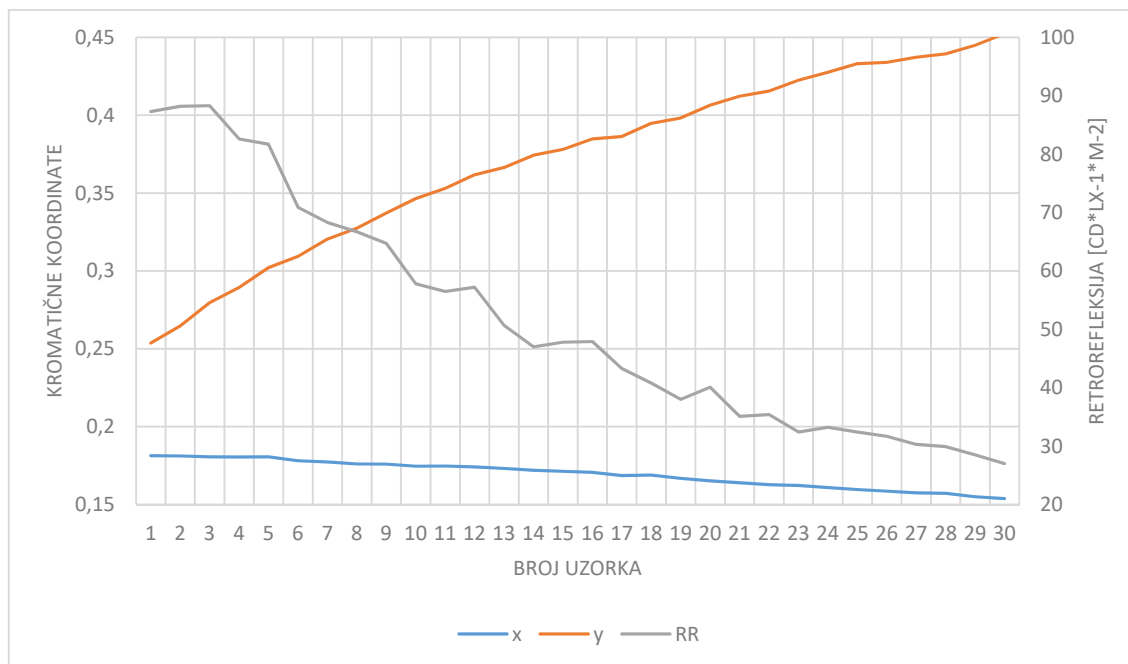
Koeficijent determinacije za koordinate y iznosi 0,9885, korigirani koeficijent determinacije 0,9881, a srednja kvadratna pogreška 0,002072:

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,0008492
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9885
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9881
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,005507.

Prema dobivenom modelu za zelenu boju, folije klase I – EG7930 s retrorefleksijom R_A od 2 do 5 i od 10 do 42 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR1, a s retrorefleksijom od 5 do 10 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR2-RA2. Retroreflektirajuće folije s retrorefleksijom većom od 42 i manjom od 2 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ne ulaze ni u jedan dopušteni kromatski razred, odnosno koordinate boje nisu u propisanim granicama.

6.3.2. Klasa I - EGP

Grafikon 10. prikazuje rezultate ispitivanja materijala klase I zelene boje na kojem su linijom sive boje prikazane vrijednosti retrorefleksije, a linijama plave i narančaste boje x i y koordinate boja.



Grafikon 10. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase I – EGP zelene boje

Usporedbom izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate x, dobivena je sljedeća formula:

$$x = -0,09585 \times e^{-0,04528 \times R_L} + 0,1823 \quad (19)$$

Koeficijent determinacije iznosi 0,9878, korigirani koeficijent determinacije 0,9843, a srednja kvadratna pogreška 0,007242.

- SSE – suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,0000264
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9878
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9869
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,0009898

Uvrštavanjem izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate y, dobivena je sljedeća eksponencijalna funkcija:

$$y = 0,557 \times e^{0,008106 \times R_A} \quad (20)$$

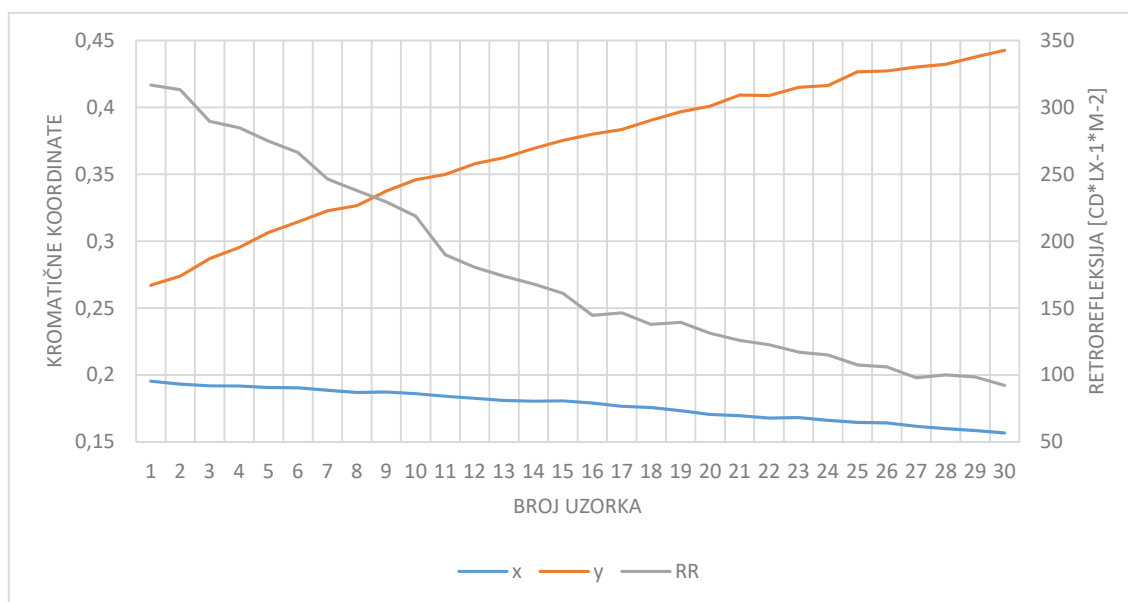
Koeficijent determinacije za koordinate y iznosi 0,9848, korigirani koeficijent determinacije 0,9843, a srednja kvadratna pogreška 0,007242:

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,001468
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9848
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9843
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,007242

Prema dobivenom modelu za zelenu boju, folije klase I - EGP s retrorefleksijom R_A od 1 do 14 i od 36,4 do 53 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR1, a s retrorefleksijom od 14 do 36,4 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR2-RA2. Retroreflektirajuće folije s retrorefleksijom većom od 53 i manjom od 1 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ne ulaze ni u jedan dopušteni kromatski razred, odnosno koordinate boje nisu u propisanim granicama.

6.3.3. Klasa II

Grafikon 11. prikazuje rezultate ispitivanja materijala klase I zelene boje na kojem su linijom sive boje prikazane vrijednosti retrorefleksije, a linijama plave i narančaste boje x i y koordinate boja.



Grafikon 11. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase II zelene boje

Usporedbom izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate x, dobivena je sljedeća eksponencijalna formula:

$$x = 0,1758 \times e^{0,0003126 \times R_A} - 0,1743 \times e^{-0,02126 \times R_A} \quad (21)$$

Koeficijent determinacije iznosi 0,99, korigirani koeficijent determinacije 0,9889, a srednja kvadratna pogreška 0,001229:

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,00003925
- R-square: koeficijent determinacije: 0,99
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9889
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,001229

Uvrštavanjem izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate y , dobivena je sljedeća eksponencijalna funkcija:

$$y = 0,5274 \times e^{-0,002057 \times R_A} \quad (22)$$

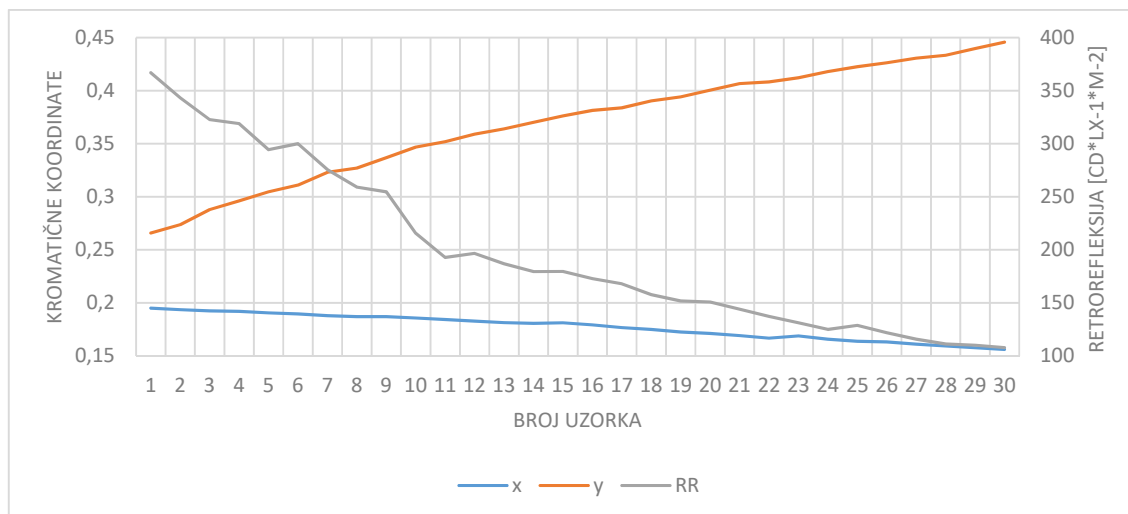
Koeficijent determinacije za koordinate y iznosi 0,9881, korigirani koeficijent determinacije 0,9877, a srednja kvadratna pogreška 0,005792.

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,0009392
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9881
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9877
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,005792

Prema dobivenom modelu za zelenu boju, folije klase II s retrorefleksijom R_A od 5 do 44 i od 116,6 do 176,8 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR1, s retrorefleksijom od 44 do 116 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR2-RA2, a s retrorefleksijom od 72 do 82 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR2-RA1. Retroreflektirajuće folije s retrorefleksijom većom od 176,8 i manjom od 5 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ne ulaze ni u jedan dopušteni kromatski razred, odnosno koordinate boje nisu u propisanim granicama.

6.3.4. Klasa III – Diamond Grade Cubed

Grafikon 12. prikazuje rezultate ispitivanja materijala klase I zelene boje na kojem su linijom sive boje prikazane vrijednosti retrorefleksije, a linijama plave i narančaste boje x i y koordinate boja.



Grafikon 12. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase III zelene boje

Usporedbom izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate x , dobivena je sljedeća eksponencijalna formula:

$$x = 0,1817 \times e^{0,0001837 \times R_A} - 0,1901 \times e^{-0,01747 \times R_A} \quad (23)$$

Koeficijent determinacije iznosi 0,9877, korigirani koeficijent determinacije 0,9863, a srednja kvadratna pogreška 0,001229:

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,000005037
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9877
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9863
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,001392.

Uvrštavanjem izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate y , dobivena je sljedeća eksponencijalna funkcija:

$$y = 0,5326 \times e^{-0,001904 \times R_A} \quad (24)$$

Koeficijent determinacije za koordinate y iznosi 0,9851, korigirani koeficijent determinacije 0,9845, a srednja kvadratna pogreška 0,005792.

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,001186
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9851
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9845
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,006509

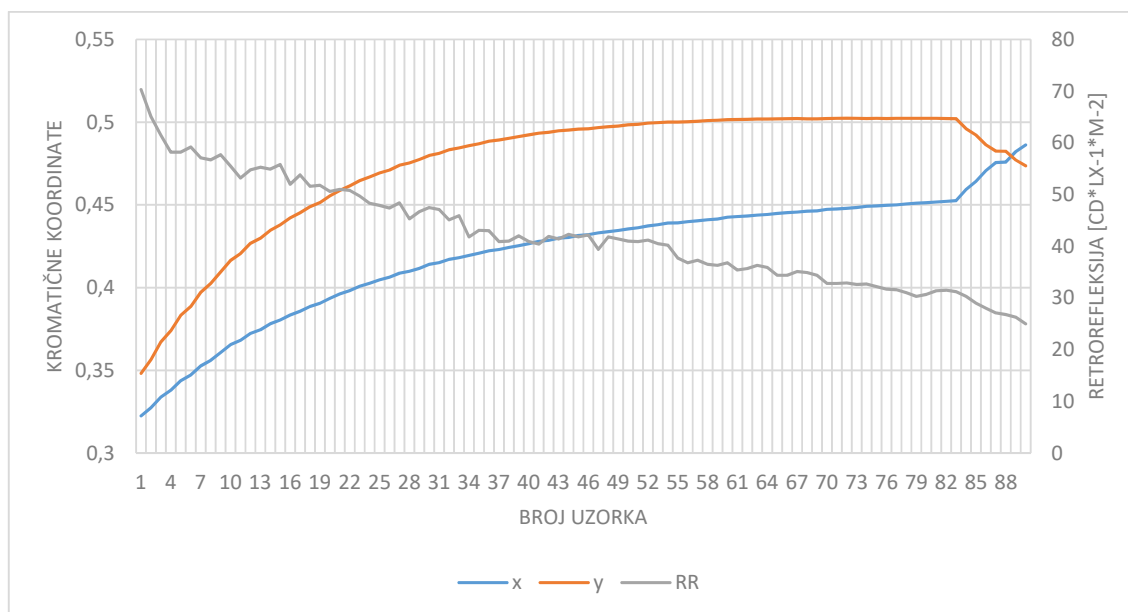
Prema dobivenom modelu za zelenu boju, folije klase III s retrorefleksijom R_A od 10 do 54 i od 131 do 197,2 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR1, s retrorefleksijom od 54 do 131 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR2-RA2, a s retrorefleksijom od 84 do 96,8 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR2-RA1. Retroreflektirajuće folije s retrorefleksijom većom od 197,2 i manjom od 10 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ne ulaze ni u jedan dopušteni kromatski razred, odnosno koordinate boje nisu u propisanim granicama.

6.4. Žuta boja

Za sve tri ispitane klase žute boje, provedena su ispitivanja na 90 uzoraka (Prilog 4.), a za izradu modela uzeta je prosječna vrijednost od 10 ispitivanja kromatike boja i pet ispitivanja koeficijenta retrorefleksije svakog uzorka. Kolorimetrijski razredi izmjerenih koordinata za žutu boju prikazani su u prilogu 8.

6.4.1. Klasa I - EG7930

Grafikon 13. prikazuje rezultate ispitivanja materijala klase I zelene boje na kojem su linijom sive boje prikazane vrijednosti retrorefleksije, a linijama plave i narančaste boje x i y koordinate boja.



Grafikon 13. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase I žute boje

Usporedbom izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate x, dobivena je sljedeća Gaussova funkcija:

$$x = 0,4839 \times e^{(-(R_A - 10,68) \div 87,06)^2} \quad (25)$$

Koeficijent determinacije iznosi 0,9649, korigirani koeficijent determinacije 0,9641, a srednja kvadratna pogreška 0,006966.

- SSE – suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,004222
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9649
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9641
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,008216

Uvrštavanjem izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate y , dobivena je sljedeća Gaussova funkcija:

$$y = 0,5018 \times e^{(-(R_A - 35,07) \div 49,93)^2} \quad (26)$$

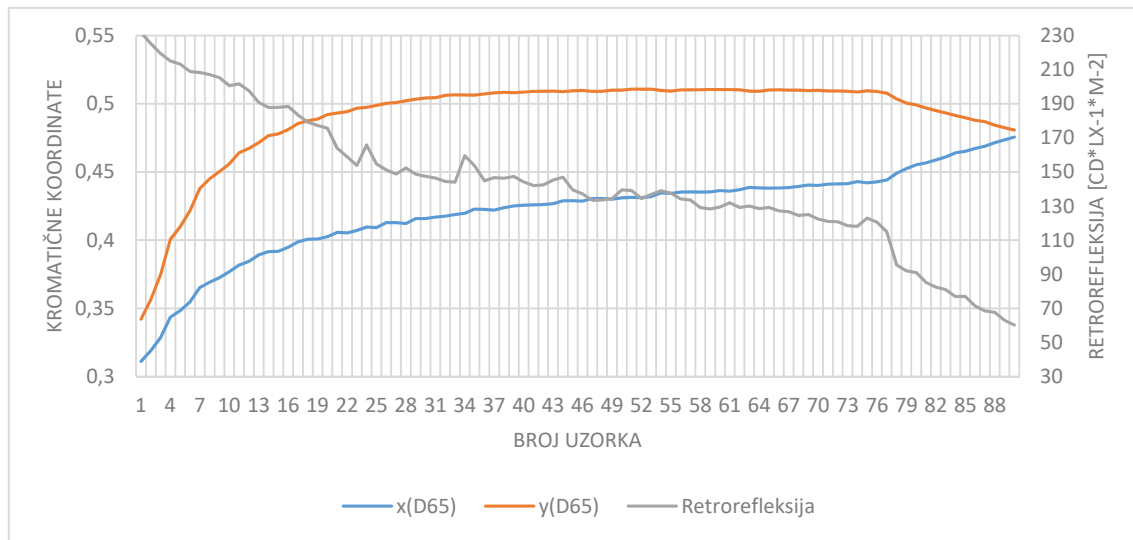
Koeficijent determinacije za koordinate y iznosi 0,9554, korigirani koeficijent determinacije 0,9544, a srednja kvadratna pogreška 0,008216:

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,005873
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9554
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9544
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,008216.

Prema dobivenom modelu za žutu boju, folije klase I – EG7930 s retrorefleksijom R_A od 18,5 do 24,5 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR2-RA1, a s retrorefleksijom od 24,5 do 37,5 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR1-RA1. Retroreflektirajuće folije s retrorefleksijom većom od 37,5 i manjom od 18,5 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ne ulaze ni u jedan dopušteni kromatski razred, odnosno koordinate boje nisu u propisanim granicama.

6.4.2. Klasa I - EGP

Grafikon 14. prikazuje rezultate ispitivanja materijala klase I žute boje na kojem su linijom sive boje prikazane vrijednosti retrorefleksije, a linijama plave i narančaste boje x i y koordinate boja.



Grafikon 14. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase I – EGP žute boje

Usporedbom izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate x , dobivena je sljedeća Gaussova funkcija:

$$x = 0,4671 \times e^{-((R_A - 59,3) \div 267,5)^2} + 0,02632 \times e^{-((R_A - 194,2) \div 24,27)^2} \quad (27)$$

Koeficijent determinacije iznosi 0,9857, korigirani koeficijent determinacije 0,9849, a srednja kvadratna pogreška 0,004092.

- SSE – suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,001406
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9857
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9849
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,004092

Uvrštavanjem izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate y , dobivena je sljedeća Gaussova funkcija:

$$y = 0,1013 \times e^{-((R_A - 200,3) \div 51,21)^2} + 0,5071 \times e^{-((R_A - 103,5) \div 160,6)^2} \quad (28)$$

Koeficijent determinacije za koordinate y iznosi 0,9822, korigirani koeficijent determinacije 0,9812, a srednja kvadratna pogreška 0,004605:

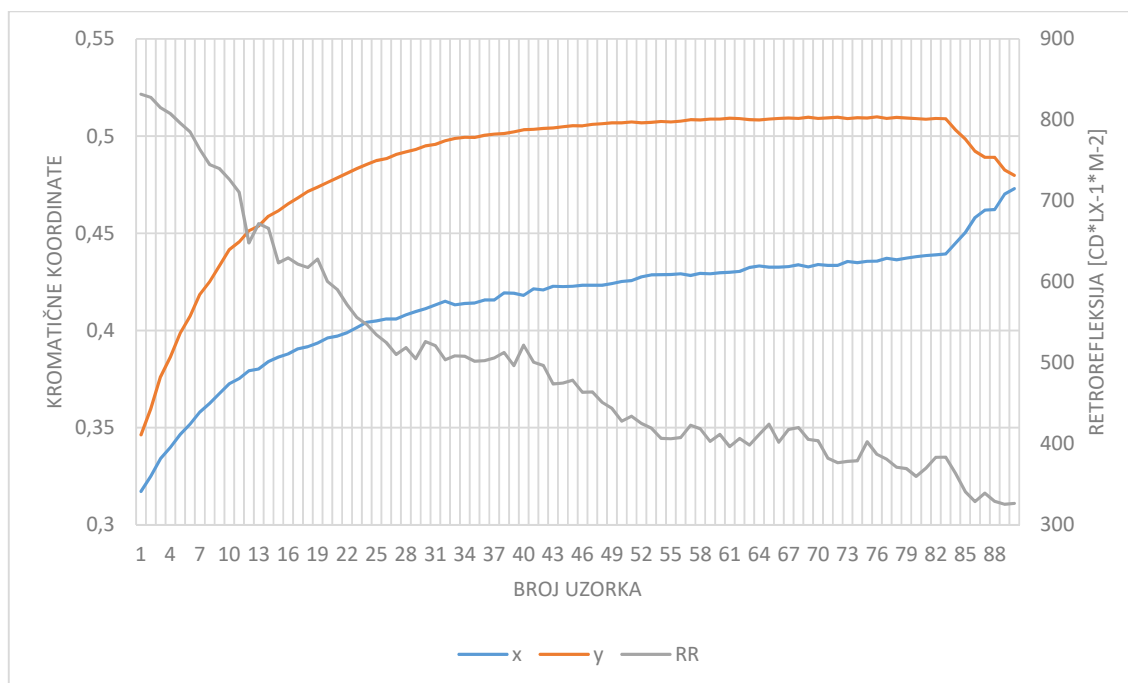
- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,001782
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9822
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9812
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,004605.

Prema dobivenom modelu, vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A od 64,9 do 114,4 ulaze u razred CR1, a vrijednosti koeficijenta retrorefleksije od 46 do 64,9 ulaze u razred CR2. Vrijednosti manje od 46 i veće od 114,4 ne ulaze ni u jedan dozvoljeni razred.

Prema dobivenom modelu za žutu boju, folije klase I – EGP s retrorefleksijom R_A od 46 do 65 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR2-RA1, a s retrorefleksijom od 65 do 114,4 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR1-RA1. Retroreflektirajuće folije s retrorefleksijom većom od 114,4 i manjom od 46 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ne ulaze ni u jedan dopušteni kromatski razred, odnosno koordinate boje nisu u propisanim granicama.

6.4.3. Klasa II

Grafikon 15. prikazuje rezultate ispitivanja materijala klase I žute boje na kojem su linijom sive boje prikazane vrijednosti retrorefleksije, a linijama plave i narančaste boje x i y koordinate boja.



Grafikon 15. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase II žute boje

Usporedbom izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate x, dobivena je sljedeća eksponencijalna funkcija:

$$x = -1,159 \cdot 10^{-13} \times e^{0,317 \times R_A} + 0,5323 \times e^{-0,0005003 \times R_A} \quad (29)$$

Koeficijent determinacije iznosi 0,9749, korigirani koeficijent determinacije 0,974, a srednja kvadratna pogreška 0,004974:

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,002127
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9749
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,974
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,004974.

Uvrštavanjem izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate y , dobivena je sljedeća Gaussova funkcija:

$$y = 0,5076 \times e^{(-(R_A - 410,2) \div 426,7)^2} + 0,1639 \times e^{(-(R_A - 798,4) \div 188,8)^2} \quad (30)$$

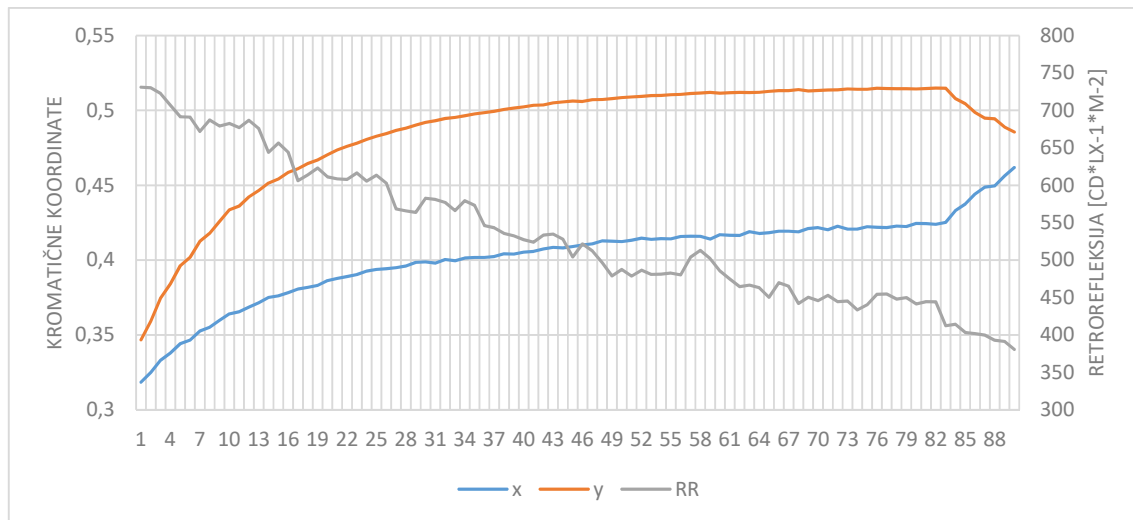
Koeficijent determinacije za koordinate y iznosi 0,9897, korigirani koeficijent determinacije 0,9891, a srednja kvadratna pogreška 0,003738.

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,001173
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9897
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9891
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,003738

Prema dobivenom modelu za žutu boju, folije klase II s retrorefleksijom R_A od 250 do 365 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR1-RA1, a retroreflektirajuće folije s retrorefleksijom većom od 365 i manjom od 250 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ne ulaze ni u jedan dopušteni kromatski razred, odnosno koordinate boje nisu u propisanim granicama.

6.4.4. Klasa III – Diamond Grade Cubed

Grafikon 16. prikazuje rezultate ispitivanja materijala klase I žute boje na kojem su linijom sive boje prikazane vrijednosti retrorefleksije, a linijama plave i narančaste boje x i y koordinate boja.



Grafikon 16. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase III žute boje

Usporedbom izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate x , dobivena je sljedeća Gaussova funkcija:

$$x = -8,843^{-10} \times e^{0,02424 \times R_A} + 0,5449 \times e^{0,0005529 \times R_A} \quad (31)$$

Koeficijent determinacije iznosi 0,9747, korigirani koeficijent determinacije 0,9732, a srednja kvadratna pogreška 0,005627:

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,002723
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9608
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9594
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,005627.

Uvrštavanjem izmjerenih vrijednosti koeficijenta retrorefleksije R_A i kromatične koordinate y , dobivena je sljedeća Gaussova funkcija:

$$y = 0,4775 \times e^{-((R_A - 408,4) \div 231,4)^2} + 0,3054 \times e^{-((R_A - 686,3) \div 177,1)^2} \quad (32)$$

Koeficijent determinacije za koordinate y iznosi 0,9747, korigirani koeficijent determinacije 0,9732, a srednja kvadratna pogreška 0,006289.

- SSE - suma kvadrata odstupanja mjerenja od odgovarajućih sredina u polju: 0,003322
- R-square: koeficijent determinacije: 0,9747
- Adjusted R-square: korigirani koeficijent determinacije: 0,9732
- RMSE: srednja kvadratna pogreška: 0,006289.

Prema dobivenom modelu za žutu boju, folije klase III s retrorefleksijom R_A od 355 do 401,6 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ulaze u kromatski razred CR1-RA1, a retroreflektirajuće folije s retrorefleksijom većom od 401,6 i manjom od 355 [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$] ne ulaze ni u jedan dopušteni kromatski razred, odnosno koordinate boje nisu u propisanim granicama.

7. ZAKLJUČAK

Prijenos informacija sudionicima u prometu se odvija pomoću prometne signalizacije, odnosno prometnih znakova. Vidljivost prometnih znakova ovisi o retrorefleksiji i kromatici boja, to jest o materijalu od kojeg su izrađeni. Kako bi se povećala sigurnost u prometu, pristupljeno je izradi modela kako bi se smanjili troškovi i vrijeme potrebno za ispitivanje kvalitete prometnih znakova, a samim time i učinkovitiju kontrolu i zamjenu neispravnih prometnih znakova.

Model za određivanje kromatike boja prometnih znakova temelji se na rezultatima ispitivanja retrorefleksije i kromatike boja uzoraka materijala za izradu prometnih znakova. Ispitivanja su provođena na 100 uzoraka materijala svake klase za crvenu i plavu boju, 90 uzoraka svake klase za žutu boju, a 30 uzoraka svake klase za zelenu boju. Za svaki uzorak je za izradu modela uzimana prosječna vrijednost od 10 ispitivanja kromatike i pet ispitivanja koeficijenta retrorefleksije. Uzorci su zatim obrađeni pomoću programskog alata *MATLAB*, u kojem je dobivena povezanost između vrijednosti koeficijenta retrorefleksije i x i y koordinata boja. Za svaku pojedinu boju je dobiven odnos te formula za izračun koordinata na temelju koeficijenta retrorefleksije uz veliku točnost. Minimalni dobiveni koeficijent determinacije (R^2) iznosi 0,9498, što znači da postoji gotovo potpuna veza između koeficijenta retrorefleksije i kromatike boja na ispitanim uzorcima.

Na temelju dobivenih modela (tablica 6.), moguće je vrlo brzo i učinkovito na temelju koeficijenta retrorefleksije izračunati koordinate boja za pojedinu klasu 3M folija na kojima su rađena ispitivanja, te smanjiti vrijeme i troškove ispitivanja. Također su izračunate i granične vrijednosti retrorefleksije prema kojima se može odrediti pripadaju li izmjerene vrijednosti koeficijenta retrorefleksije određenom razredu CR1 ili CR2, odnosno udovoljavaju li propisanoj normi HRN EN 12899-1:200.

Dobiveni model je izrađen na temelju odrađenih mjerenja na novim folijama proizvođača 3M, te odgovara za izračunavanje kromatičnih koordinata za folije koje su korištene kod mjerenja. Ispravnost modela nije ispitana za folije drugih proizvođača.

Tablica 6. Modelom dobivene vrijednosti retrorefleksije za pojedine kolorimetrijske razrede

	CR1	CR1-RA1	CR2	CR2-RA1	CR2-RA2
Vrijednost retrorefleksije za kolorimetrijske razrede [$\text{cd} \cdot \text{lx}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$]					
Crvena boja					
Klasa I - EG7930	25,2 – 30,8		5,4 – 25,1		
Klasa I – EGP	52,6 – 63,2		11 – 52,5		
Klasa II	137,3 – 151		49 – 137,2		
Klasa III – DG ³	137,3 – 151		49 – 137,2		
Plava boja					
Klasa I - EG7930	1 – 5,5 22,1 – 69,5			5,5 – 14,1	5,5 – 22
Klasa I – EGP	1 – 6 8,5 – 43,9			/	6 – 8,5
Klasa II	1 – 24 92,4 – 247,6			24 – 63	28 – 92,3
Klasa III – DG ³	2 – 33 89,7 – 235,5			33 – 64	36 – 89,6
Zelena boja					
Klasa I - EG7930	1 – 14 36,4 – 53			/	15 – 36,3
Klasa I – EGP	2 – 5 10 – 42			/	5 – 10
Klasa II	5 – 44 116,6 – 176,8			72 – 82	44 – 116
Klasa III – DG ³	10 – 54 131,1 – 197,2			84 – 96,8	54 – 131
Žuta boja					
Klasa I - EG7930		65 – 114,4		46 – 64,9	
Klasa I – EGP		24,5 – 37,5		18,5 – 24,5	
Klasa II		250 – 365		/	
Klasa III – DG ³		355 – 401,6		/	

Kao buduća istraživanja, model je moguće proširiti sa mjernim uzorcima tamnijih nijansi boja kako bi se povećala njegova točnost. Također je moguće folije korištene za mjerenja u ovom radu izložiti vremenskim uvjetima, te ispitati promjenu kolorimetrije i retrorefleksije u određenim vremenskim periodima. Primjenu ovog modela je također moguće provjeriti i na folijama drugih proizvođača, kako bi se proširila njegova primjena.

LITERATURA

- [1] Ščukanec, A.: *Autorizirana predavanja iz kolegija Prometna signalizacija*, Zagreb, 2017./2018.
- [2] Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 33/2005)
- [3] Ščukanec, A.: *Autorizirana predavanja iz kolegija Vizualne informacije u prometu*, Zagreb, 2017./2018.
- [4] <https://www.flickr.com/photos/diversey/27911090589> , 15.ožujak 2018.
- [5] <https://www.pexels.com/photo/city-crowded-in-new-york-city-mass-270149/>, 15.ožujak 2018.
- [6] Ščukanec A.: *Primjena retroreflektirajućih materijala u funkciji cestovnoprometne sigurnosti*. Zagreb; 2003.
- [7] Ščukanec, A., Babić, D.: *Mjerenja, ispitivanja i monitoring na prometnicama*, Dani prometnica 2012., Zagreb, 2013.
- [8] HRN EN 12899-1:2008 - Stalni okomiti cestovni prometni znakovi - 1. dio: Stalni znakovi
- [9] http://www.zehntner.com/images/products/ZRS6060/6060.CD_600.jpg , 21.ožujak 2018.
- [10] Pašagić, S.: *Vizualne informacije u prometu*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2004.
- [11] U.S. Department of Transportation: *Daytime Color Appearance of Retroreflective Traffic Control Sign Materials*, Turner-Fairbank Highway Research Center, 2013.
- [12] Komugović, A.: *Prostor boja*, Grafički fakultet, Zagreb, 2015.
- [13] https://www.dstech.com.my/wp-content/uploads/2017/09/CM2500c_P02-b.jpg , 25.ožujak 2018.
- [14] Zakon o sigurnosti prometa na cestama (NN 67/08, 48/10).
- [15] Kurdic, M.: *Model degradacije retrorefleksije prometnih znakova*, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015.

POPIS SLIKA

Slika 1. Znakovi A47, A48, A49 i A5	4
Slika 2. Znakovi B01, B02, B03	5
Slika 3. Znakovi C02, C16, C25	5
Slika 4. Znak D01 (1.stupanj), znak D03(2. stupanj), D09 (3. stupanj), D12 (4. stupanj), D17 (5. stupanj).....	6
Slika 5. Primjer dopunske ploče	7
Slika 6. Faze percepcije prometnog znaka.....	9
Slika 7. Uvjeti otežane vidljivosti uzrokovane vremenskim uvjetima	10
Slika 8. Prometni znakovi u urbanoj sredini.....	10
Slika 9. Dijelovi prometnog znaka	13
Slika 10. Presjek folije	14
Slika 11. <i>Presjek materijala klase II</i>	15
Slika 12. Presjek materijala klase III	16
Slika 13. Ulazni kut svjetlosti i kut gledanja kod ispitivanja retrorefleksije	18
Slika 14. Uređaj za mjerenje retrorefleksije Zehntner ZRS 6060.....	20
Slika 15. Prikaz mjernog uređaja i primjera mjernih uzoraka	21
Slika 16. CIE dijagram kromatičnosti.....	22
Slika 17. Spektrofotometar Konica Minolta CM-2500c.....	23
Slika 18. Primjer dobivene krivulje i pripadajuće formule u programskom alatu MATLAB. 25	

POPIS TABLICA

Tablica 1. Koeficijent retrorefleksije R_A za retroreflektirajuće materijale klase I	19
Tablica 2. Koeficijent retrorefleksije R_A za retroreflektirajuće materijale Klase II.....	19
Tablica 3. Koeficijent retrorefleksije R_A za retroreflektirajuće materijale Klase III	20
Tablica 4. Granice kromatičnih koordinata za razred CR1	24
Tablica 5. Granice kromatičnih koordinata za razred CR2	24
Tablica 6. Modelom dobivene vrijednosti retrorefleksije za pojedine kolorimetrijske razrede	52

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase I crvene boje .	26
Grafikon 2. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase I - EGP crvene boje	28
Grafikon 3. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase II crvene boje	29
Grafikon 4. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase III crvene boje	31
Grafikon 5. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase I plave boje ...	32
Grafikon 6. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase I - EGP plave boje	34
Grafikon 7. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase II plave boje..	35
Grafikon 8. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase III plave boje	37
Grafikon 9. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase I zelene boje..	38
Grafikon 10. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase I – EGP zelene boje	40
Grafikon 11. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase II zelene boje	41
Grafikon 12. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase III zelene boje	43
Grafikon 13. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase I žute boje ...	44
Grafikon 14. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase I – EGP žute boje	46
Grafikon 15. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase II žute boje..	47
Grafikon 16. Rezultati mjerenja retrorefleksije i kromatike za materijal Klase III žute boje	49

POPIS PRILOGA

Prilog 1. Rezultati ispitivanja crvene boje.....	58
Prilog 2. Rezultati ispitivanja plave boje.....	63
Prilog 3. Rezultati ispitivanja zelene boje	68
Prilog 4. Rezultati ispitivanja žute boje.....	70
Prilog 5. Grafikoni kolorimetrijskih razreda za crvenu boju.....	75
Prilog 6. Grafikoni kolorimetrijskih razreda za plavu boju.....	76
Prilog 7. Grafikoni kolorimetrijskih razreda za zelenu boju	77
Prilog 8. Grafikoni kolorimetrijskih razreda za žutu boju.....	78

Prilog 1. Rezultati ispitivanja crvene boje

Uzorak	Klasa I – EG7930			Klasa I - EGP			Klasa II			Klasa III		
	x	y	R _A	x	y	R _A	x	y	R _A	x	y	R _A
1	0,3264	0,3371	133,4	0.3169	0.3269	185.2	0,3248	0,3333	646,4	0,3238	0,3322	640,4
2	0,3342	0,3389	135,6	0.3281	0.3298	181.1	0,336	0,3369	652,8	0,3339	0,3355	612,4
3	0,3456	0,3411	133,6	0.3441	0.3341	176.6	0,3535	0,3422	612,4	0,3494	0,3399	580,7
4	0,3517	0,342	121	0.3558	0.3371	172.9	0,3656	0,3452	579,7	0,3598	0,3427	574
5	0,3622	0,3438	120,6	0.3713	0.3401	168.6	0,3827	0,349	573	0,3735	0,3461	523
6	0,3687	0,3446	115,6	0.3846	0.3429	165.9	0,3938	0,3512	558,6	0,3825	0,348	526,7
7	0,3785	0,3461	109,5	0.3999	0.3453	160.5	0,408	0,3533	524,3	0,3948	0,3501	523,6
8	0,3858	0,347	108	0.4085	0.3461	163.1	0,4171	0,3545	517,1	0,4028	0,3518	491
9	0,3954	0,3481	104,7	0.4204	0.3474	164.2	0,4294	0,3556	470,9	0,4156	0,3535	468,4
10	0,404	0,349	94,7	0.4351	0.3485	155.2	0,4377	0,356	406,7	0,4256	0,3552	441,3
11	0,4095	0,3492	90,7	0.4407	0.3491	151.8	0,4489	0,3567	396,3	0,4331	0,3559	434,4
12	0,4196	0,3501	91,1	0.4509	0.3495	136.8	0,4575	0,357	407,9	0,4435	0,3573	420,8
13	0,4253	0,3504	80,5	0.4569	0.3501	124.8	0,4645	0,3572	403,3	0,4487	0,3573	411,3
14	0,4343	0,351	70,8	0.4651	0.3501	140.9	0,472	0,3576	369,7	0,4569	0,3577	393,7
15	0,4403	0,3513	73,6	0.473	0.3504	127.3	0,477	0,3571	347,4	0,4623	0,3581	391,4
16	0,4488	0,3519	71,7	0.4804	0.3504	116.4	0,4838	0,3572	335	0,4714	0,3589	371,7
17	0,4533	0,3521	69,3	0.4835	0.3502	116	0,4903	0,3573	315	0,4756	0,3587	366,3
18	0,4608	0,3523	66,7	0.4915	0.3504	110.2	0,499	0,3571	316	0,4835	0,3587	357,4

19	0,4678	0,3527	65,6	0.4984	0.3503	115.8	0,5041	0,3569	323,1	0,4883	0,3582	343,5
20	0,4783	0,3532	66,1	0.5053	0.3511	112.2	0,5107	0,3569	316,7	0,4959	0,3584	322,6
21	0,4858	0,3532	64	0.5139	0.3507	103.8	0,5195	0,3568	310,1	0,5031	0,3588	304,9
22	0,4902	0,3532	64,2	0.5192	0.3502	103.5	0,5217	0,3565	293,5	0,5065	0,3584	310,5
23	0,4967	0,3529	62,9	0.52	0.3504	96.8	0,5258	0,3567	288,9	0,5121	0,3582	286,5
24	0,5009	0,3529	62	0.5227	0.3506	89.6	0,5286	0,356	274,5	0,5159	0,3581	279,8
25	0,5054	0,3526	58,1	0.5305	0.3503	89.8	0,5353	0,3556	295,7	0,5222	0,3581	279,8
26	0,51	0,3523	58,4	0.5325	0.3499	91.3	0,5392	0,3552	273,3	0,5257	0,3579	262,2
27	0,5146	0,3518	57,2	0.5361	0.3499	85.2	0,5431	0,3546	242,4	0,5298	0,3568	249,9
28	0,5159	0,3514	56,5	0.5427	0.349	86.1	0,5431	0,3543	270,6	0,5321	0,3562	248
29	0,5209	0,3512	52,7	0.5412	0.3485	82.2	0,5489	0,3537	265	0,5364	0,3566	243,1
30	0,5254	0,3508	50,1	0.5464	0.3481	76.9	0,5532	0,3533	264,4	0,5421	0,356	236,8
31	0,5289	0,3504	50,3	0.5504	0.3479	78.4	0,5553	0,3527	267,7	0,5431	0,3559	234
32	0,5354	0,3501	49,7	0.5522	0.3481	80	0,5586	0,3522	271,2	0,5472	0,3552	230,1
33	0,5381	0,3498	45,2	0.5558	0.3475	85.3	0,5621	0,3518	264,3	0,5497	0,3548	224
34	0,5445	0,3496	43	0.5604	0.3472	73.2	0,5643	0,3512	266,3	0,5546	0,3537	212,6
35	0,5455	0,3494	43	0.5632	0.3468	74	0,5685	0,3505	246,6	0,5589	0,3535	214,2
36	0,5493	0,3488	41,1	0.5666	0.3466	66.4	0,5717	0,3506	243,7	0,5603	0,3526	209,8
37	0,5549	0,3487	42,6	0.5695	0.3463	72.3	0,5759	0,3502	242,8	0,5636	0,3528	202
38	0,5605	0,3484	40,8	0.573	0.3457	73.5	0,5796	0,3499	227,3	0,5671	0,353	194,5
39	0,5637	0,3482	36,3	0.5767	0.3452	68.8	0,5812	0,3491	228,5	0,5686	0,3519	195,4

40	0,5696	0,3477	36,3	0.5788	0.3447	64.5	0,5858	0,348	222,9	0,5726	0,3513	188,7
41	0,5738	0,3472	35,2	0.5821	0.3443	64.3	0,5878	0,3478	217,5	0,5767	0,3505	183,4
42	0,5774	0,347	33,4	0.5843	0.3439	68.5	0,5894	0,3475	214,5	0,5793	0,3504	182,1
43	0,5807	0,3464	32,8	0.5865	0.3433	67.4	0,5922	0,3467	209	0,5811	0,3501	174,8
44	0,5834	0,346	32,3	0.5895	0.3426	67.5	0,5946	0,3458	203	0,5836	0,3497	176,7
45	0,5867	0,3455	32	0.5903	0.3427	61.1	0,5953	0,3455	199,9	0,5877	0,349	170,8
46	0,5891	0,345	31,5	0.5909	0.3425	60.5	0,595	0,3447	202,6	0,5891	0,3486	170,1
47	0,593	0,3442	29,2	0.5923	0.3416	64.1	0,5994	0,3442	190,1	0,5877	0,3475	183,2
48	0,594	0,344	29,7	0.5967	0.3411	65.5	0,5993	0,3443	186,6	0,5911	0,3475	185,2
49	0,5972	0,3435	28,9	0.5974	0.3409	62.2	0,601	0,3437	187	0,5953	0,3467	179,1
50	0,5989	0,343	32,4	0.5977	0.34	62.5	0,6047	0,3431	172,2	0,5942	0,3462	162,1
51	0,6004	0,3426	34,5	0.5997	0.3397	59.1	0,6021	0,3432	172,5	0,594	0,3456	180,3
52	0,6029	0,3421	34,3	0.6022	0.3394	57.4	0,6064	0,3426	177,3	0,5973	0,3449	182,6
53	0,6042	0,3417	33,6	0.6043	0.3388	56.7	0,6072	0,342	173,8	0,6003	0,3443	184,1
54	0,6054	0,3411	33,9	0.6047	0.3384	52.6	0,6078	0,3417	174,2	0,6022	0,344	174,6
55	0,607	0,3409	34,6	0.6057	0.3385	52.4	0,6107	0,3414	169,8	0,6047	0,3441	144,4
56	0,6078	0,3406	32,4	0.6071	0.3381	64.2	0,6134	0,3406	164,1	0,6069	0,3441	144,9
57	0,6092	0,3399	33,2	0.6086	0.3378	61	0,6152	0,3404	162,8	0,6088	0,3432	140
58	0,6109	0,3394	33,2	0.6095	0.3373	53.6	0,6166	0,34	155,3	0,6112	0,3422	136,1
59	0,6113	0,3392	31,9	0.6104	0.337	57.9	0,6164	0,3396	130,6	0,612	0,3419	130,2
60	0,6139	0,3384	31,1	0.6117	0.3368	60.9	0,6177	0,3395	125,4	0,6133	0,3416	132,9

61	0,6158	0,3378	31,4	0.6137	0.3364	57	0,6174	0,3384	124,3	0,6126	0,3411	132,2
62	0,6166	0,3374	29,7	0.6139	0.3363	43.3	0,6174	0,3383	122,8	0,6124	0,3407	127,8
63	0,6191	0,3371	29	0.6169	0.3361	45.3	0,6196	0,3377	124,1	0,6159	0,34	125,1
64	0,6197	0,3369	29,8	0.6178	0.3355	48.9	0,6198	0,3373	119,4	0,618	0,34	124,9
65	0,6204	0,3364	22,8	0.6199	0.3351	47.3	0,6199	0,3366	116,7	0,6188	0,3396	124,1
66	0,6218	0,3362	20,4	0.6209	0.3349	46.2	0,6216	0,3363	116,8	0,6195	0,3393	124,5
67	0,624	0,3357	20,7	0.6211	0.3348	45.1	0,6206	0,3357	117,7	0,6214	0,3382	119,2
68	0,6251	0,3354	20	0.6218	0.3342	45.6	0,6224	0,3356	117,6	0,6221	0,3383	118,8
69	0,6253	0,3348	19,6	0.6236	0.3339	48.3	0,6253	0,3353	113,6	0,6227	0,3383	121,3
70	0,6283	0,3345	19,7	0.6245	0.3337	47.2	0,626	0,3352	115,7	0,6229	0,3381	114,9
71	0,6291	0,3341	19,6	0.6252	0.3334	44.6	0,6242	0,3346	116,7	0,6236	0,3372	116,9
72	0,631	0,3335	18,3	0.6254	0.3325	43.5	0,6266	0,3342	110,9	0,6211	0,3366	117
73	0,631	0,3334	18,5	0.6272	0.3321	45.8	0,6266	0,3343	115,1	0,6237	0,3369	117,5
74	0,6318	0,333	18,7	0.626	0.3321	44.7	0,627	0,3339	113,9	0,6255	0,3364	117,3
75	0,6322	0,3329	18	0.6259	0.3318	47.6	0,6297	0,3336	109,1	0,6232	0,3358	116,9
76	0,6327	0,3325	18	0.6274	0.3312	42.8	0,6305	0,3332	107,1	0,6246	0,3355	118,2
77	0,6317	0,3321	18,5	0.6277	0.3314	42.1	0,6317	0,333	109,4	0,6245	0,3352	120
78	0,6346	0,3318	19,2	0.6283	0.3312	42.9	0,6322	0,3329	106,6	0,629	0,3347	113,3
79	0,6342	0,3316	18,1	0.6309	0.3309	44.4	0,6336	0,3328	104	0,6294	0,3344	116,4
80	0,6349	0,3313	17,9	0.6295	0.3304	44.6	0,6342	0,3324	105	0,6319	0,3343	111,6
81	0,6361	0,3307	18	0.6306	0.3304	43.9	0,633	0,3322	106,3	0,6308	0,3342	111

82	0,6362	0,3305	18,1	0.6306	0.3301	42.5	0,6318	0,332	105,7	0,6293	0,3335	110,8
83	0,6369	0,33	17,9	0.6313	0.33	38.8	0,6319	0,3312	103,3	0,628	0,3333	109,4
84	0,6366	0,3299	17,6	0.6329	0.33	38.5	0,6314	0,331	107,6	0,6328	0,3331	108,6
85	0,638	0,3296	16	0.6338	0.3298	40	0,6322	0,3306	107	0,6336	0,3332	107,5
86	0,6388	0,3294	16,1	0.6345	0.3295	39.7	0,6335	0,3307	109,3	0,6328	0,3329	105
87	0,6397	0,329	15,8	0.6342	0.3294	39.3	0,6313	0,3303	108,9	0,6342	0,3325	106,4
88	0,639	0,3288	15,8	0.6347	0.3293	40.1	0,6337	0,33	106,7	0,6336	0,3323	106,9
89	0,6412	0,3285	15	0.635	0.3285	37	0,6341	0,3298	102,8	0,6308	0,3318	106,5
90	0,6422	0,3284	15,8	0.6355	0.3283	42.7	0,634	0,3297	104,7	0,634	0,3317	110,1
91	0,6384	0,328	15,8	0.6353	0.3282	40.6	0,6354	0,3296	104,1	0,6337	0,3314	109,7
92	0,6427	0,3277	15,7	0.6353	0.328	41.2	0,6368	0,3293	104,5	0,6348	0,3314	108,2
93	0,6428	0,3275	16	0.6355	0.328	42	0,6368	0,3292	100,4	0,6352	0,3312	104,8
94	0,6409	0,3273	15,5	0.6375	0.3278	41.5	0,6379	0,329	99,7	0,6367	0,3306	107,8
95	0,6429	0,3271	15,6	0.6362	0.3274	41.2	0,6368	0,3289	100,4	0,6369	0,3304	106,5
96	0,6434	0,3267	14,8	0.6364	0.3273	38.5	0,6369	0,3284	99,1	0,6361	0,3302	102,9
97	0,6441	0,3265	14,8	0.6368	0.3273	37.9	0,6357	0,3284	101,3	0,6345	0,3301	99,2
98	0,6449	0,3263	14,6	0.6374	0.3269	34.4	0,6352	0,328	102,2	0,6341	0,3299	99,5
99	0,6453	0,3262	14,6	0.6373	0.3268	41.5	0,6362	0,328	102,3	0,6379	0,3297	102,3
100	0,6448	0,3259	14,6	0.6374	0.3266	40.3	0,6374	0,3278	99,1	0,6374	0,3296	100,6

Prilog 2. Rezultati ispitivanja plave boje

Uzorak	Klasa I – EG7930			Klasa I - EGP			Klasa II			Klasa III		
	x	y	R _A	x	y	R _A	x	y	R _A	x	y	R _A
1	0,2998	0,3257	136,2	0.2807	0.3106	185.5	0,2877	0,3177	676,8	0,2891	0,317	645,6
2	0,2917	0,3209	141,8	0.2685	0.3043	195.7	0,2744	0,3106	669,6	0,2769	0,3103	617,8
3	0,2802	0,3136	134,3	0.2512	0.2935	176.3	0,2556	0,2997	589	0,2605	0,3011	582,1
4	0,2748	0,31	116,2	0.2407	0.2871	172.5	0,245	0,2936	563,7	0,2502	0,2945	567,5
5	0,265	0,3032	115,1	0.2277	0.2773	154.4	0,2313	0,2843	532,1	0,238	0,2866	503,3
6	0,2599	0,2994	109,5	0.2195	0.2708	150.4	0,2234	0,2783	523,7	0,2306	0,2808	485,4
7	0,2522	0,2937	106,6	0.2092	0.2628	151.4	0,2131	0,2703	475,8	0,2213	0,2737	474,4
8	0,2467	0,2895	103,6	0.204	0.2579	138.4	0,2066	0,2653	467	0,216	0,2697	436,9
9	0,2399	0,2842	99,8	0.1971	0.2516	121.5	0,1996	0,2587	442,9	0,2093	0,2641	438,3
10	0,2339	0,2794	92,2	0.1912	0.2457	105	0,1936	0,2527	416	0,2037	0,2581	423,6
11	0,2297	0,2758	83,8	0.1867	0.2403	105.6	0,1897	0,2488	375,3	0,199	0,2534	408,3
12	0,2239	0,2709	80,7	0.1821	0.2362	115.9	0,1848	0,2441	348,5	0,1941	0,2486	397,4
13	0,2203	0,2676	82	0.1791	0.2323	107.2	0,1814	0,24	331,3	0,1922	0,2472	388,8
14	0,2148	0,2628	78,4	0.1751	0.2283	95.3	0,1776	0,2345	321,6	0,1878	0,242	368,3
15	0,2121	0,2603	76,5	0.1724	0.2242	91.5	0,1746	0,2314	325,1	0,1856	0,2393	344,3
16	0,2076	0,2559	72,4	0.1699	0.2207	87.4	0,1708	0,2273	314,7	0,1815	0,236	351,7
17	0,2041	0,2527	70,9	0.1677	0.2182	88.4	0,1697	0,2247	300,3	0,1794	0,2322	320,3
18	0,2001	0,2486	66,3	0.1655	0.2151	88.9	0,1672	0,2211	278,2	0,1765	0,2287	317,3

19	0,1988	0,2468	66,8	0.1639	0.2115	82.1	0,1655	0,2188	264,7	0,1741	0,2253	308,9
20	0,1937	0,2419	68,8	0.1618	0.2076	78.5	0,1627	0,2145	257,3	0,1709	0,2193	280,8
21	0,1899	0,2381	67,4	0.1594	0.2054	66.8	0,1599	0,2103	245,7	0,1683	0,2153	256,5
22	0,1885	0,2364	65,1	0.1583	0.2037	64.5	0,1588	0,2078	242,2	0,1675	0,2165	267,3
23	0,1856	0,2331	63,7	0.157	0.2006	60.3	0,1566	0,2051	236	0,1655	0,2108	241
24	0,1838	0,2309	64,3	0.1565	0.1992	60.3	0,1555	0,2025	225,8	0,164	0,2105	227,9
25	0,1809	0,2277	60,8	0.1549	0.1962	57.1	0,1542	0,2007	208,6	0,1622	0,2072	227,7
26	0,1785	0,2249	62,1	0.1539	0.1936	56.3	0,1526	0,1972	204,7	0,1611	0,206	226,8
27	0,1768	0,2223	61,1	0.1532	0.1922	51.7	0,1518	0,1953	206,8	0,1601	0,2031	213,3
28	0,1761	0,221	57,7	0.1528	0.1915	55.3	0,1519	0,1941	195,5	0,1596	0,2036	210,1
29	0,1736	0,2176	51,2	0.1455	0.1846	51.7	0,1497	0,191	192,8	0,1579	0,1998	198,7
30	0,171	0,2146	50,4	0.1507	0.1852	49.1	0,1483	0,1879	186,4	0,1564	0,1976	195,8
31	0,1702	0,214	48,9	0.1499	0.1841	46.7	0,1475	0,1875	182,8	0,156	0,1962	201,8
32	0,1678	0,2108	46,9	0.1493	0.1829	42.8	0,1467	0,1842	173,5	0,1552	0,1929	195,5
33	0,1663	0,2087	44,2	0.1485	0.1801	43.9	0,1453	0,1821	169,6	0,1543	0,1938	189,1
34	0,1642	0,2061	42,7	0.1488	0.1797	44.7	0,1448	0,1803	163,2	0,1526	0,1889	181,9
35	0,1636	0,2052	41,7	0.1475	0.1781	45.7	0,1443	0,1786	159,3	0,1521	0,1879	176,9
36	0,1621	0,2028	39,2	0.1468	0.1765	39.5	0,1432	0,1759	167,9	0,1512	0,1866	162,9
37	0,1605	0,2007	39,9	0.1466	0.1752	38.9	0,143	0,1759	163,1	0,1504	0,1847	159
38	0,1588	0,1986	38,9	0.1458	0.1734	37.5	0,1425	0,1745	157,8	0,1495	0,1809	158,3
39	0,1582	0,1981	34,9	0.1452	0.1715	39.8	0,142	0,1726	155,6	0,1492	0,181	155,2

40	0,1572	0,1962	33,9	0.1451	0.1711	38	0,1411	0,1687	153,3	0,1481	0,177	146,7
41	0,1559	0,1945	33,1	0.1446	0.1683	36.6	0,1406	0,1676	149,8	0,1478	0,1757	143,7
42	0,1551	0,1934	32,1	0.1443	0.167	35.7	0,1406	0,167	142,3	0,1472	0,1732	147,6
43	0,1533	0,1905	29,7	0.1438	0.1653	35.2	0,14	0,1651	140,9	0,1469	0,171	138,2
44	0,1528	0,1894	30,3	0.1437	0.1647	33.8	0,1403	0,1626	135,8	0,1463	0,1721	145,8
45	0,1519	0,1876	29	0.1442	0.1644	36.7	0,1393	0,1637	129,5	0,146	0,1702	141,7
46	0,1511	0,1861	28,6	0.1434	0.1614	37.4	0,139	0,1601	123,3	0,1456	0,1687	145,5
47	0,1502	0,1844	28,5	0.1427	0.1597	36.3	0,1393	0,16	126,1	0,1458	0,1671	140
48	0,1496	0,1835	28,2	0.1427	0.1593	36.2	0,1389	0,1585	123,1	0,1455	0,1662	130,4
49	0,1489	0,1819	27,6	0.1425	0.1581	33.9	0,1387	0,1572	121,9	0,1449	0,1649	137,6
50	0,148	0,1798	26,8	0.1424	0.1565	33.1	0,1385	0,1564	117,6	0,1447	0,1624	130,9
51	0,1474	0,1788	26,4	0.1421	0.1566	33.5	0,1385	0,1553	114,6	0,1444	0,1632	132,6
52	0,1468	0,1772	25,6	0.1419	0.155	29.7	0,1384	0,1534	114,6	0,1439	0,1611	123,6
53	0,1467	0,1769	24,9	0.1416	0.1554	29	0,1381	0,1534	114,2	0,1437	0,1597	128,6
54	0,1462	0,1755	26,3	0.1415	0.1551	29.2	0,1379	0,1518	112,6	0,1436	0,1593	122,3
55	0,1459	0,1747	26	0.1414	0.1539	27.2	0,1376	0,1523	105,5	0,1435	0,1586	115,2
56	0,1456	0,1739	25,4	0.1414	0.1533	27.8	0,1375	0,1509	103,9	0,1429	0,1576	120,5
57	0,1449	0,1719	25,7	0.1413	0.1527	28.7	0,1374	0,1496	105	0,1429	0,1572	114,8
58	0,1445	0,1702	25,5	0.1412	0.1522	28.2	0,1375	0,1472	105,5	0,1425	0,1559	113,5
59	0,144	0,1691	25	0.1411	0.1496	26.1	0,1372	0,1472	105,9	0,1423	0,155	110,6
60	0,1435	0,168	24,9	0.1409	0.149	25.6	0,1372	0,146	102,2	0,1427	0,1546	110,5

61	0,1431	0,1668	24,4	0.1405	0.1492	26	0,1368	0,1448	98,8	0,1419	0,1529	105,3
62	0,1428	0,1659	23,8	0.1411	0.1473	25.2	0,1368	0,1442	99,5	0,1426	0,1516	104,3
63	0,1422	0,165	23,8	0.1417	0.1482	24.6	0,1369	0,1423	96,2	0,1413	0,1507	105,4
64	0,1421	0,1646	22,6	0.1408	0.1469	22.3	0,1366	0,1423	94,4	0,1411	0,15	101,2
65	0,1418	0,1639	21,8	0.1405	0.1457	23.2	0,1369	0,1412	89,7	0,1422	0,1465	100,5
66	0,1416	0,1639	20,1	0.1403	0.1461	25	0,1363	0,1406	90,8	0,1415	0,1489	99,9
67	0,1414	0,1626	19,9	0.1403	0.1442	25.1	0,1368	0,1386	89,8	0,1416	0,1465	96
68	0,1411	0,1622	19,7	0.1419	0.145	22.1	0,1363	0,1394	89,7	0,1415	0,1442	93,7
69	0,1408	0,1616	18	0.142	0.1435	22.3	0,1363	0,1384	87,9	0,1415	0,1435	96,5
70	0,1404	0,1602	17,7	0.142	0.1436	22.3	0,1365	0,1364	87	0,141	0,1437	95,1
71	0,1401	0,1589	18,5	0.1415	0.1407	23.6	0,1362	0,1364	84	0,1407	0,1433	95,3
72	0,1398	0,158	18,2	0.1397	0.1399	21	0,1363	0,1351	86,6	0,1413	0,1424	92,6
73	0,1398	0,1576	17,5	0.1396	0.1383	23.5	0,1363	0,1348	86,9	0,1411	0,1419	90,4
74	0,1396	0,1565	18	0.1398	0.1384	22.2	0,1363	0,1336	84,5	0,1412	0,1393	88,5
75	0,1395	0,1557	17,9	0.1398	0.1378	21.2	0,1362	0,1341	84	0,1413	0,1377	84,8
76	0,1393	0,1549	17,5	0.1398	0.1364	20.9	0,1362	0,1336	81,4	0,1408	0,1391	88
77	0,1391	0,1541	17,9	0.1396	0.1367	20.4	0,1364	0,1313	82,8	0,1412	0,1373	87,7
78	0,1392	0,1533	18	0.1396	0.1369	19	0,1364	0,13	78,7	0,1405	0,1385	85,1
79	0,139	0,1529	17,9	0.1399	0.1354	19.7	0,1362	0,1313	78,5	0,1407	0,1369	86,2
80	0,139	0,1519	17,9	0.1396	0.1354	20.1	0,1361	0,1303	77,6	0,1406	0,137	84,5
81	0,139	0,151	17,6	0.1396	0.135	20.6	0,1361	0,1289	74,8	0,1408	0,1359	81,9

82	0,1386	0,1502	17,4	0.1394	0.1345	20.3	0,136	0,1288	73	0,1401	0,1359	80,8
83	0,1385	0,1494	17	0.1396	0.134	20.3	0,136	0,1279	72,6	0,1417	0,1349	81,8
84	0,1383	0,1491	16,8	0.1409	0.1347	19.5	0,136	0,1274	72,8	0,1404	0,1336	82,1
85	0,1382	0,1489	15,9	0.1409	0.1343	20.7	0,1361	0,1264	71,5	0,1403	0,1314	81,6
86	0,1381	0,1482	15,5	0.1407	0.1348	20.7	0,1364	0,125	71,4	0,1406	0,1295	79,9
87	0,1381	0,148	15,3	0.1412	0.132	20.1	0,1361	0,1243	71,3	0,1405	0,1292	76,6
88	0,1378	0,1474	14,8	0.141	0.1311	19.9	0,136	0,1245	68,4	0,1399	0,131	78,1
89	0,1378	0,1472	14,6	0.1395	0.1296	17.8	0,1361	0,1238	69,9	0,1413	0,1314	77,4
90	0,1378	0,1465	14,2	0.1395	0.1292	16.7	0,1359	0,124	70,7	0,1406	0,1302	75,7
91	0,1378	0,1459	14,2	0.1397	0.1289	17.8	0,1359	0,1237	68,5	0,1406	0,1272	79,9
92	0,1377	0,1451	14,7	0.1396	0.1289	16.5	0,136	0,1224	67,1	0,1407	0,127	77
93	0,1378	0,1446	14,8	0.1397	0.1291	16.6	0,1362	0,1214	67,9	0,1405	0,1281	75,6
94	0,1377	0,1443	14,4	0.1395	0.129	16.8	0,1362	0,1211	64,1	0,1408	0,1264	75,4
95	0,1376	0,1435	14,2	0.1395	0.1279	17.7	0,1361	0,1214	63,6	0,1405	0,1261	72,7
96	0,1375	0,1429	13,7	0.1396	0.1274	18	0,136	0,1205	64,9	0,1418	0,1276	72,5
97	0,1376	0,1422	13,9	0.1397	0.1264	18.7	0,1362	0,12	65,5	0,1417	0,126	70
98	0,1374	0,1417	13,6	0.1398	0.1254	16.7	0,1363	0,1189	65,4	0,1425	0,124	69,2
99	0,1375	0,1417	13,4	0.1398	0.1252	15.2	0,1362	0,118	64,2	0,1409	0,1232	68
100	0,1374	0,1408	13,5	0.1395	0.1263	16.1	0,1364	0,118	62,2	0,1404	0,1244	68

Prilog 3. Rezultati ispitivanja zelene boje

Uzorak	Klasa I – EG7930			Klasa I - EGP			Klasa II			Klasa III		
	x	y	R _A	x	y	R _A	x	y	R _A	x	y	R _A
1	0,2212	0,2789	85,2	0.1813	0.2537	87.3	0,1954	0,2671	316,7	0,1951	0,2659	366,9
2	0,2201	0,2854	82,4	0.1812	0.2647	88.2	0,1932	0,2739	313,1	0,1937	0,2737	343,1
3	0,2198	0,2955	78,5	0.1806	0.2796	88.3	0,1919	0,2869	289,5	0,1925	0,2879	322,7
4	0,22	0,3026	71,6	0.1805	0.2893	82.6	0,1918	0,2953	284,8	0,192	0,2962	318,9
5	0,2184	0,3113	70,4	0.1806	0.3021	81.7	0,1907	0,3065	274,8	0,1907	0,3046	294,3
6	0,2175	0,3168	65,4	0.1781	0.3094	70.9	0,1904	0,3144	266,3	0,1896	0,3111	300,1
7	0,2161	0,3255	61,2	0.1773	0.3205	68.3	0,1886	0,3227	246,4	0,188	0,3231	275,5
8	0,2134	0,3288	53,1	0.176	0.3274	66.7	0,187	0,3265	237,8	0,1871	0,327	259
9	0,2134	0,3383	55,6	0.1759	0.3372	64.7	0,1873	0,3374	229,4	0,1871	0,3369	254,7
10	0,2118	0,3471	52,6	0.1746	0.3465	57.8	0,1861	0,3459	218,7	0,1858	0,3468	215,7
11	0,2104	0,3522	52,9	0.1747	0.3531	56.5	0,1842	0,3498	189,9	0,1844	0,3519	192,9
12	0,2092	0,3596	46,7	0.1741	0.3618	57.2	0,1826	0,3578	180,5	0,1829	0,3589	196,6
13	0,2073	0,3647	48	0.1731	0.3664	50.7	0,181	0,3624	173,8	0,1815	0,3639	186,9
14	0,2057	0,3706	47,3	0.172	0.3743	47	0,1804	0,3693	168	0,1807	0,3702	179,5
15	0,2052	0,3747	45,1	0.1713	0.3781	47.8	0,1807	0,3754	161,1	0,1813	0,3761	179,6
16	0,2034	0,3805	40,5	0.1706	0.3848	47.9	0,1791	0,38	144,5	0,1793	0,3814	172,9
17	0,2012	0,3828	39,3	0.1686	0.3863	43.3	0,1766	0,3835	146,5	0,1767	0,3838	168
18	0,2004	0,3904	40,4	0.1689	0.3948	40.8	0,1757	0,3904	137,8	0,1751	0,3903	157,8

19	0,1973	0,3944	39,1	0.1668	0.3982	38	0,1734	0,3967	139,4	0,1726	0,3941	151,9
20	0,1961	0,4019	33,8	0.1652	0.4064	40.1	0,1706	0,4009	131,2	0,1712	0,4004	150,9
21	0,1948	0,4083	32,2	0.164	0.4122	35.1	0,1696	0,4092	125,9	0,1693	0,4066	144
22	0,1935	0,4122	31,1	0.1627	0.4155	35.4	0,1679	0,4088	122,6	0,1668	0,4081	137,2
23	0,1919	0,4171	28,3	0.1622	0.4225	32.4	0,1682	0,4149	117,1	0,1689	0,4121	131,3
24	0,1907	0,422	27	0.1609	0.4276	33.2	0,1662	0,4163	115	0,1659	0,4179	125
25	0,1888	0,4272	25,1	0.1596	0.4331	32.4	0,1646	0,4265	107,5	0,1638	0,4225	128,9
26	0,1873	0,4292	25,8	0.1585	0.434	31.7	0,1642	0,4272	106,1	0,1633	0,4262	122
27	0,1851	0,4334	25	0.1575	0.4373	30.3	0,1617	0,4301	98	0,1611	0,4306	115,9
28	0,183	0,4359	23,9	0.1572	0.4394	29.9	0,16	0,4322	100,1	0,1594	0,4333	111,3
29	0,1829	0,4419	22,1	0.155	0.4449	28.5	0,1585	0,4376	98,6	0,1578	0,4397	110,1
30	0,1811	0,4472	21,3	0.1538	0.4524	27	0,1567	0,4426	92,3	0,1562	0,4457	107,9

Prilog 4. Rezultati ispitivanja žute boje

Uzorak	Klasa I – EG7930			Klasa I - EGP			Klasa II			Klasa III		
	x	y	R _A	x	y	R _A	x	y	R _A	x	y	R _A
1	0.3225	0.3482	70.3	0.3111	0.3421	231.8	0.3172	0.3463	831.8	0.3184	0.3467	731.0
2	0.3274	0.3565	65.1	0.3189	0.3563	225.3	0.325	0.3597	827.8	0.3250	0.3592	730.2
3	0.3339	0.3672	61.5	0.3286	0.3748	219.4	0.3341	0.3763	815	0.3331	0.3746	722.5
4	0.338	0.3739	58.2	0.3435	0.4006	215.1	0.3399	0.3863	807.7	0.3379	0.3841	707.0
5	0.3438	0.3833	58.2	0.3484	0.41	213.2	0.3465	0.3987	796	0.3442	0.3963	691.4
6	0.3472	0.3886	59.2	0.3548	0.4218	208.9	0.3518	0.4074	785.3	0.3466	0.4019	691.0
7	0.3527	0.3972	57.1	0.3653	0.438	208.3	0.3581	0.4186	763.6	0.3526	0.4125	671.8
8	0.3561	0.4025	56.7	0.3691	0.4449	207.1	0.3625	0.4251	744.9	0.3551	0.4179	687.1
9	0.3608	0.4095	57.7	0.3725	0.4502	205.3	0.3676	0.4333	739.9	0.3598	0.4257	679.2
10	0.3655	0.4165	55.5	0.3769	0.456	200.6	0.3726	0.4416	726.5	0.3641	0.4336	682.5
11	0.3682	0.4206	53.2	0.3817	0.4642	201.7	0.3753	0.4456	710.7	0.3655	0.4361	677.0
12	0.3723	0.4267	54.8	0.3845	0.4672	197.6	0.3793	0.4513	648.1	0.3686	0.4422	686.8
13	0.3745	0.4298	55.3	0.3892	0.4714	190.8	0.3802	0.4538	671.8	0.3715	0.4465	676.0
14	0.3782	0.4347	54.9	0.3915	0.4766	187.8	0.384	0.4588	666.1	0.3750	0.4515	643.9
15	0.3804	0.4379	55.8	0.3919	0.478	187.9	0.3863	0.4616	623.6	0.3761	0.4542	656.4
16	0.3834	0.4421	52	0.3947	0.4812	188.4	0.388	0.4652	629.6	0.3783	0.4586	644.2
17	0.3857	0.4452	53.8	0.3987	0.4856	183.4	0.3906	0.4683	621.9	0.3807	0.4610	606.1
18	0.3886	0.4489	51.6	0.4007	0.4876	179.2	0.3917	0.4715	617.8	0.3818	0.4645	613.8

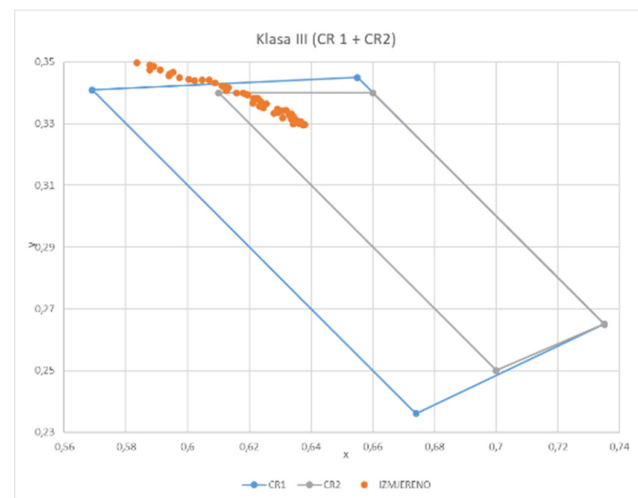
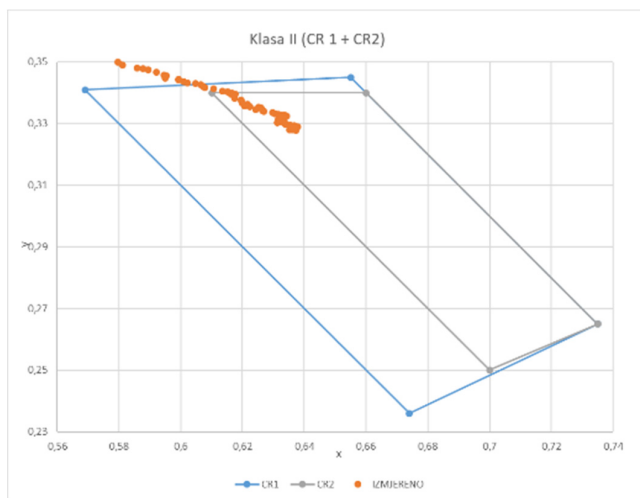
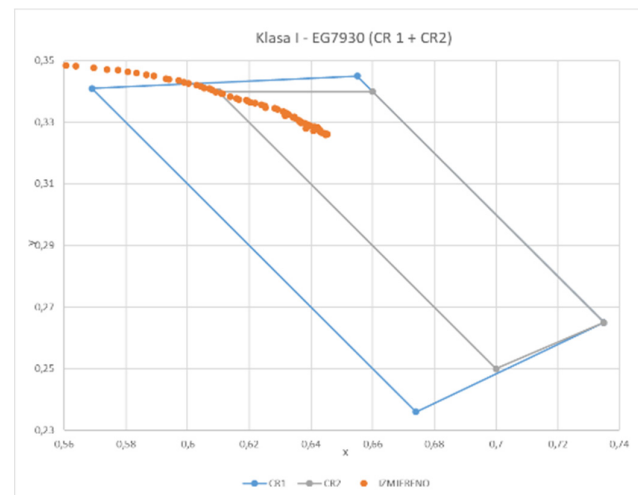
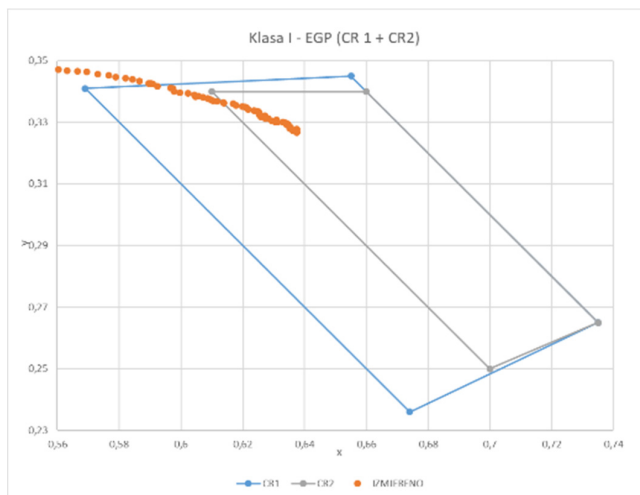
Uzorak	Klasa I – EG7930			Klasa I - EGP			Klasa II			Klasa III		
	x	y	R _A	x	y	R _A	x	y	R _A	x	y	R _A
19	0.3905	0.4514	51.8	0.4008	0.4888	177.3	0.3935	0.4738	628.2	0.3831	0.4668	623.1
20	0.3935	0.4555	50.6	0.4026	0.4921	175.6	0.3962	0.4762	600.6	0.3863	0.4704	611.1
21	0.3962	0.4588	51	0.4057	0.4932	163.9	0.3971	0.4785	590.7	0.3878	0.4736	608.6
22	0.3982	0.4615	50.8	0.4053	0.4942	158.9	0.3989	0.4809	571.9	0.3890	0.4760	607.7
23	0.4008	0.4647	49.7	0.4071	0.4967	153.8	0.4015	0.4833	556	0.3903	0.4781	616.3
24	0.4026	0.4669	48.3	0.4096	0.4974	165.8	0.4042	0.4855	547.6	0.3926	0.4806	605.5
25	0.4047	0.4693	47.9	0.4092	0.4988	154.7	0.4049	0.4874	534.7	0.3937	0.4827	613.3
26	0.4063	0.471	47.4	0.4129	0.5003	151.2	0.4059	0.4884	525	0.3942	0.4845	602.8
27	0.4087	0.474	48.4	0.4129	0.5009	148.8	0.4059	0.4906	510.4	0.3949	0.4867	568.4
28	0.4099	0.4753	45.3	0.4122	0.5022	152.3	0.408	0.4919	518.9	0.3961	0.4882	565.8
29	0.4116	0.4774	46.7	0.4158	0.5033	148.7	0.4097	0.4931	505.1	0.3985	0.4902	563.8
30	0.4141	0.4799	47.5	0.4158	0.5042	147.5	0.4112	0.495	526.4	0.3988	0.4920	582.7
31	0.4151	0.4811	47.1	0.4169	0.5044	146.4	0.4131	0.4958	521.1	0.3980	0.4931	581.0
32	0.4171	0.4833	45.1	0.4176	0.5062	144.5	0.4151	0.4976	503.8	0.4004	0.4946	577.0
33	0.4181	0.4844	45.9	0.4188	0.5065	144	0.4132	0.4988	508.7	0.3996	0.4953	566.1
34	0.4195	0.4858	41.8	0.4197	0.5064	159.6	0.4139	0.4994	508.1	0.4014	0.4964	579.4
35	0.4208	0.487	43.1	0.4228	0.5063	153.6	0.4141	0.4993	502	0.4018	0.4976	573.2
36	0.4223	0.4885	43	0.4226	0.5072	144.8	0.4157	0.5004	502.8	0.4018	0.4985	546.1
37	0.423	0.4892	40.9	0.422	0.508	146.7	0.4157	0.501	506.1	0.4024	0.4994	543.2

Uzorak	Klasa I – EG7930			Klasa I - EGP			Klasa II			Klasa III		
	x	y	R _A	x	y	R _A	x	y	R _A	x	y	R _A
38	0.4243	0.4902	41	0.4238	0.5084	146.3	0.4193	0.5013	512.7	0.4042	0.5006	535.5
39	0.4254	0.4913	42	0.4251	0.5081	147.4	0.4192	0.5022	496.7	0.4040	0.5015	532.3
40	0.4266	0.4923	40.9	0.4256	0.5085	144.2	0.4181	0.5033	521.9	0.4053	0.5023	527.4
41	0.4279	0.4933	40.4	0.4259	0.5091	142	0.4214	0.5035	500.9	0.4058	0.5034	523.9
42	0.4286	0.4939	41.9	0.4261	0.5092	142.4	0.4209	0.504	496.8	0.4074	0.5036	533.3
43	0.4299	0.4948	41.4	0.4267	0.5093	145.3	0.4227	0.5042	473.9	0.4085	0.5051	534.8
44	0.4303	0.4952	42.3	0.4289	0.5088	146.9	0.4226	0.5048	475	0.4081	0.5057	527.9
45	0.4316	0.4958	41.8	0.429	0.5095	139.5	0.4227	0.5054	478.5	0.4090	0.5063	504.2
46	0.432	0.496	42.2	0.4286	0.5097	137.1	0.4233	0.5053	463.8	0.4101	0.5060	521.7
47	0.4331	0.4967	39.4	0.4305	0.5091	133.4	0.4233	0.5061	464	0.4108	0.5072	512.2
48	0.4338	0.4972	41.8	0.4306	0.5092	133.6	0.4233	0.5064	451.2	0.4128	0.5073	496.6
49	0.4346	0.4976	41.4	0.4301	0.5099	134.3	0.4241	0.5068	443.8	0.4126	0.5079	478.8
50	0.4355	0.4984	41	0.431	0.51	139.5	0.4252	0.5068	428.1	0.4123	0.5086	487.5
51	0.4362	0.4987	40.9	0.4314	0.5107	139.1	0.4257	0.5073	434.2	0.4132	0.5090	478.7
52	0.4373	0.4994	41.2	0.4312	0.5107	134.4	0.4276	0.5068	425.2	0.4147	0.5094	486.4
53	0.438	0.4997	40.5	0.4319	0.5107	136.9	0.4286	0.5071	419.5	0.4139	0.5099	480.8
54	0.439	0.5001	40.2	0.4347	0.5097	139	0.4287	0.5075	406.8	0.4144	0.5100	481.2
55	0.4391	0.5001	37.7	0.4343	0.5093	137.6	0.4288	0.5073	406.2	0.4142	0.5105	482.7
56	0.4398	0.5002	36.8	0.4352	0.5102	134.2	0.4292	0.5077	407.8	0.4158	0.5107	480.3

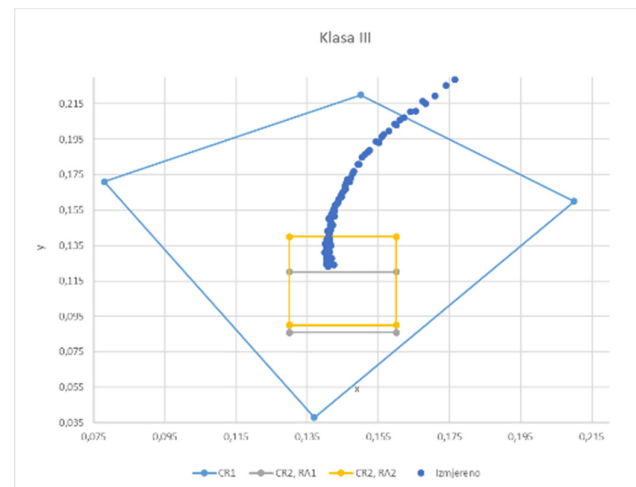
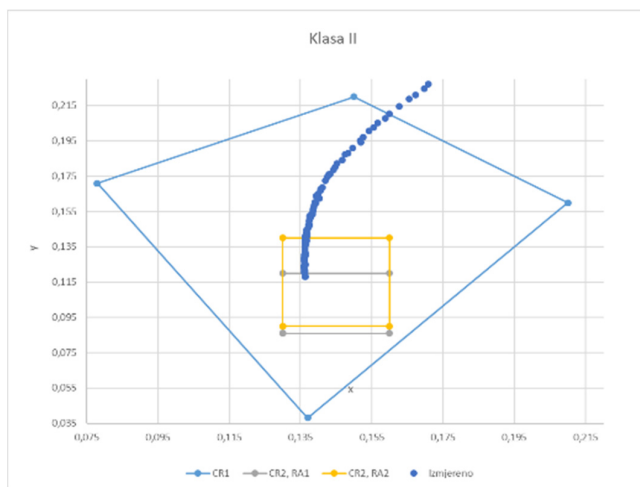
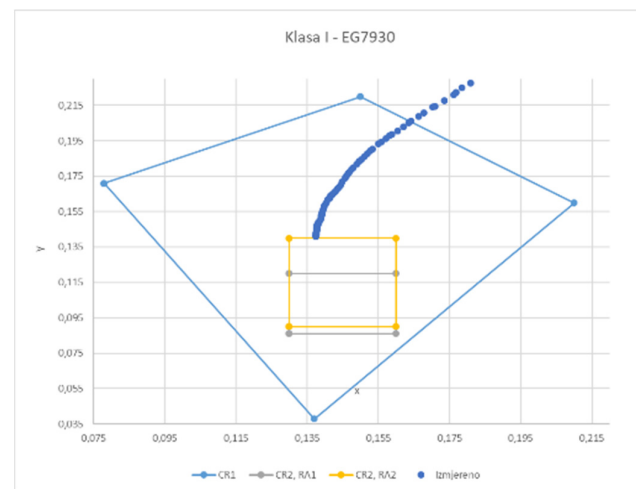
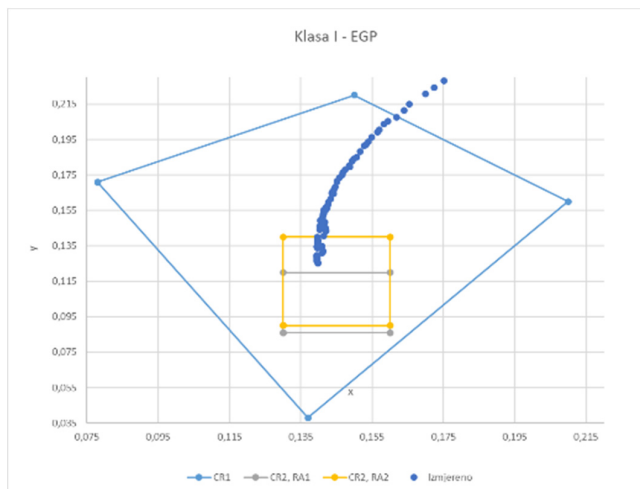
Uzorak	Klasa I – EG7930			Klasa I - EGP			Klasa II			Klasa III		
	x	y	R _A	x	y	R _A	x	y	R _A	x	y	R _A
57	0.4404	0.5005	37.3	0.4353	0.5102	133.5	0.4283	0.5085	423	0.4160	0.5113	504.0
58	0.441	0.501	36.5	0.4352	0.5103	129.1	0.4294	0.5083	418.5	0.4159	0.5116	513.1
59	0.4415	0.5012	36.3	0.4353	0.5105	128.3	0.4292	0.5088	403.1	0.4141	0.5120	501.9
60	0.4426	0.5015	36.8	0.4363	0.5104	129.5	0.4297	0.5088	411.7	0.4170	0.5115	485.4
61	0.4429	0.5016	35.4	0.4359	0.5104	131.9	0.4299	0.5092	396.6	0.4166	0.5118	474.9
62	0.4433	0.5017	35.7	0.437	0.5102	129.2	0.4304	0.509	406.7	0.4165	0.5120	464.6
63	0.4438	0.5019	36.3	0.4387	0.5093	130	0.4324	0.5085	398.5	0.4190	0.5119	466.5
64	0.4442	0.5019	35.9	0.4383	0.5092	128.5	0.4332	0.5083	411.6	0.4178	0.5121	463.2
65	0.4448	0.502	34.4	0.4381	0.5101	129.2	0.4326	0.5088	424.3	0.4183	0.5127	450.2
66	0.4453	0.5021	34.4	0.4382	0.5103	127.2	0.4326	0.5091	402.1	0.4193	0.5132	469.8
67	0.4457	0.5022	35.1	0.4386	0.51	126.7	0.4329	0.5093	417.9	0.4193	0.5132	465.1
68	0.4462	0.502	34.9	0.4394	0.51	124.5	0.4338	0.5091	420.2	0.4189	0.5139	442.1
69	0.4464	0.502	34.4	0.4404	0.5096	125	0.4327	0.5097	405.5	0.4211	0.5130	450.3
70	0.4473	0.5022	32.8	0.4401	0.5098	122.4	0.434	0.5091	403.8	0.4217	0.5133	445.9
71	0.4476	0.5023	32.8	0.4411	0.5094	121	0.4335	0.5094	382.3	0.4203	0.5136	452.8
72	0.4479	0.5024	32.9	0.4412	0.5094	120.8	0.4335	0.5097	376.8	0.4226	0.5137	444.5
73	0.4484	0.5023	32.6	0.4414	0.5092	118.5	0.4355	0.509	378.4	0.4207	0.5143	445.2
74	0.4491	0.5022	32.7	0.443	0.5086	118.1	0.4349	0.5095	379.1	0.4207	0.5141	433.3
75	0.4494	0.5023	32.2	0.442	0.5095	122.9	0.4356	0.5093	402.5	0.4223	0.5141	440.2

Uzorak	Klasa I – EG7930			Klasa I - EGP			Klasa II			Klasa III		
	x	y	R _A	x	y	R _A	x	y	R _A	x	y	R _A
76	0.4498	0.5022	31.7	0.4427	0.5089	120.5	0.4357	0.5099	387.2	0.4219	0.5148	454.3
77	0.45	0.5023	31.6	0.4441	0.5077	115.0	0.4371	0.5091	381	0.4217	0.5146	454.8
78	0.4506	0.5023	31	0.449	0.5035	95.5	0.4364	0.5096	371.1	0.4227	0.5145	447.8
79	0.451	0.5023	30.3	0.4525	0.5005	92.0	0.4372	0.5093	369.4	0.4224	0.5145	449.9
80	0.4513	0.5023	30.7	0.4552	0.4991	91.0	0.438	0.509	359.8	0.4245	0.5143	441.5
81	0.4518	0.5023	31.4	0.4567	0.4969	85.3	0.4385	0.5087	370	0.4244	0.5146	444.4
82	0.4521	0.5022	31.5	0.4588	0.4951	82.5	0.4389	0.5091	383.5	0.4239	0.5149	444.2
83	0.4526	0.5021	31.2	0.4609	0.4933	81.0	0.4394	0.5089	383.7	0.4252	0.5148	412.2
84	0.4593	0.4961	30.3	0.464	0.4914	76.9	0.4449	0.5032	363.6	0.4332	0.5079	414.3
85	0.4642	0.4922	29	0.4651	0.4897	77.0	0.4504	0.4985	341.1	0.4375	0.5045	403.2
86	0.4707	0.4863	28	0.4672	0.4879	71.4	0.4581	0.4922	328.7	0.4441	0.4986	401.8
87	0.4756	0.4825	27.1	0.4689	0.4869	68.6	0.4619	0.4891	339.2	0.4487	0.4948	399.8
88	0.4759	0.4824	26.8	0.4714	0.4843	67.7	0.4622	0.4891	329.2	0.4495	0.4944	393.0
89	0.4821	0.4771	26.3	0.4735	0.4825	63.0	0.4701	0.4826	325.4	0.4562	0.4889	391.3
90	0.4862	0.4736	25	0.4756	0.4807	60.2	0.473	0.4798	326.5	0.4618	0.4855	380.6

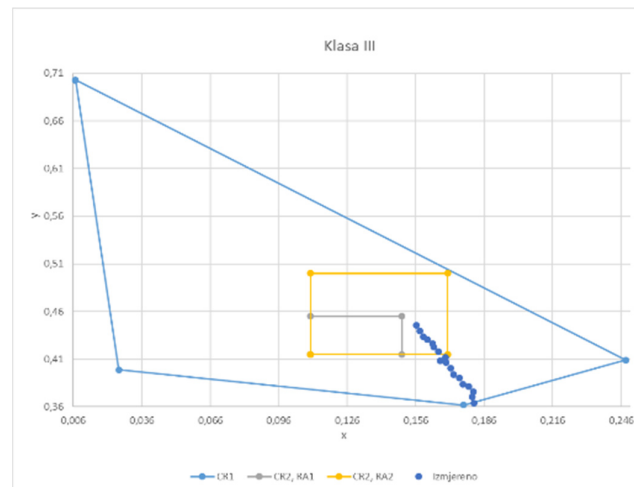
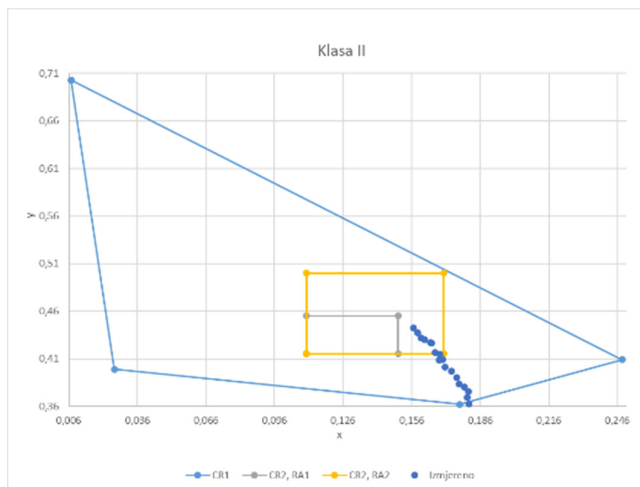
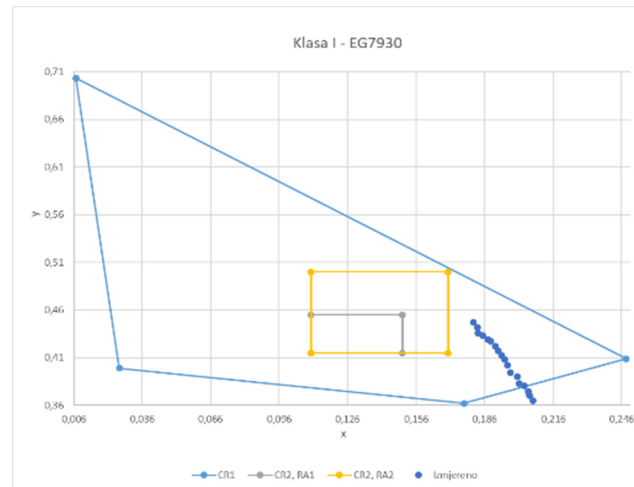
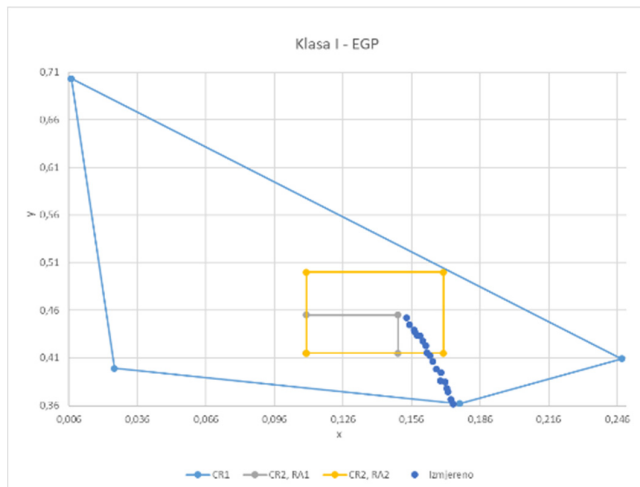
Prilog 5. Grafikoni kolorimetrijskih razreda za crvenu boju



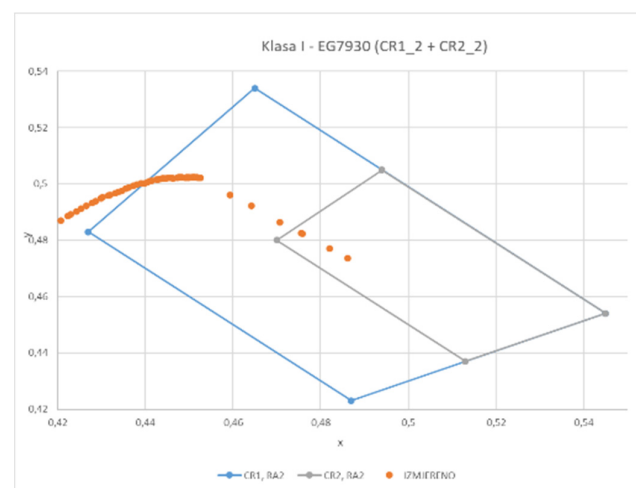
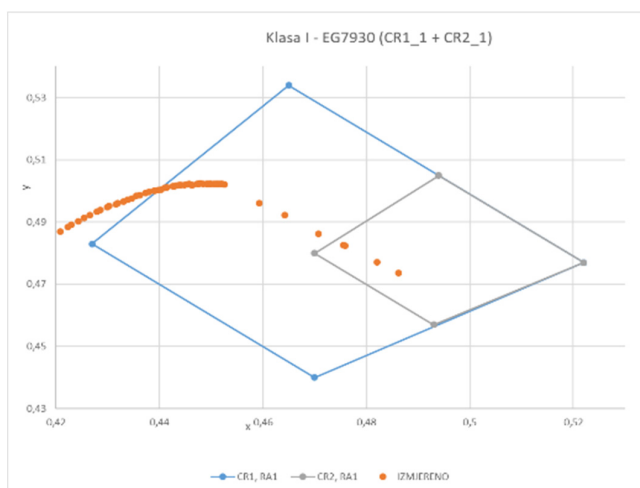
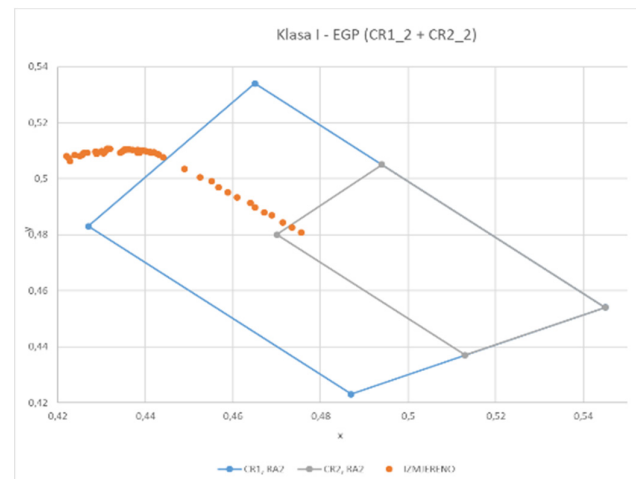
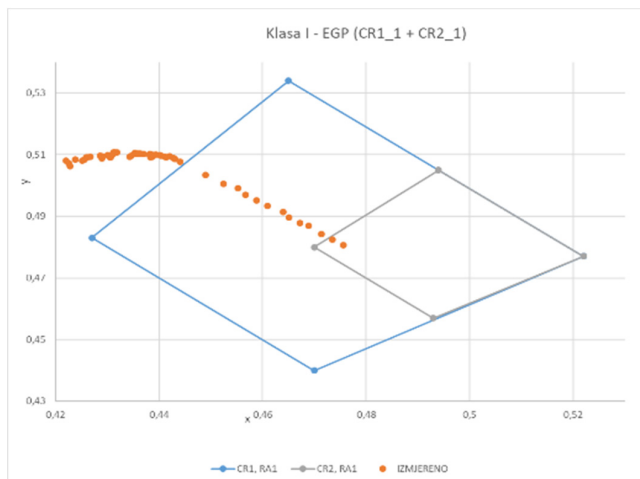
Prilog 6. Grafikoni kolorimetrijskih razreda za plavu boju

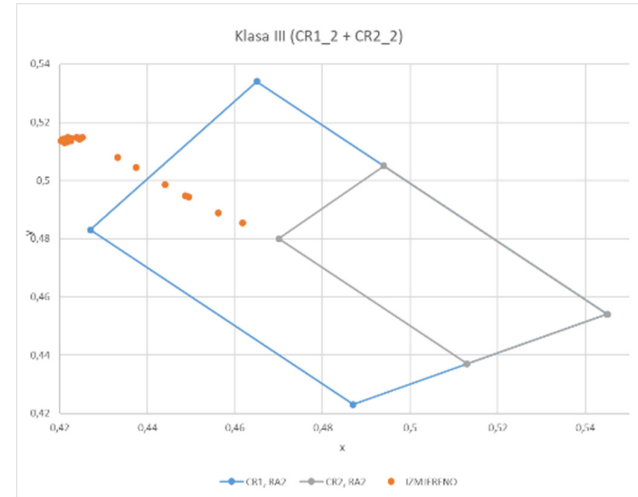
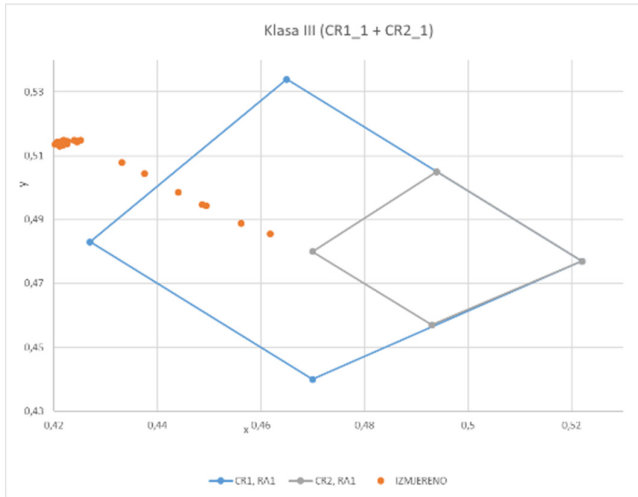
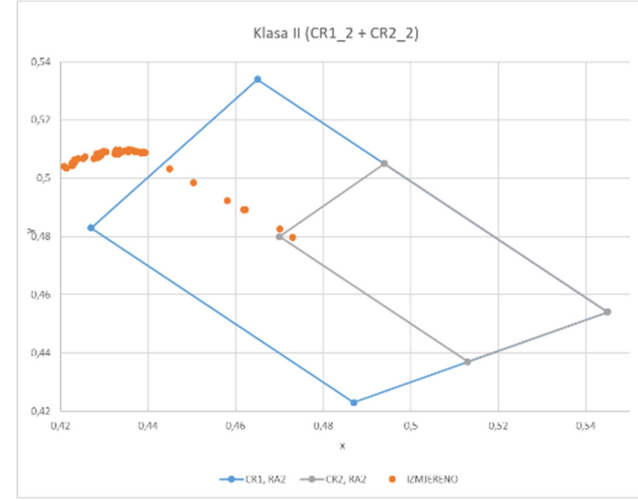
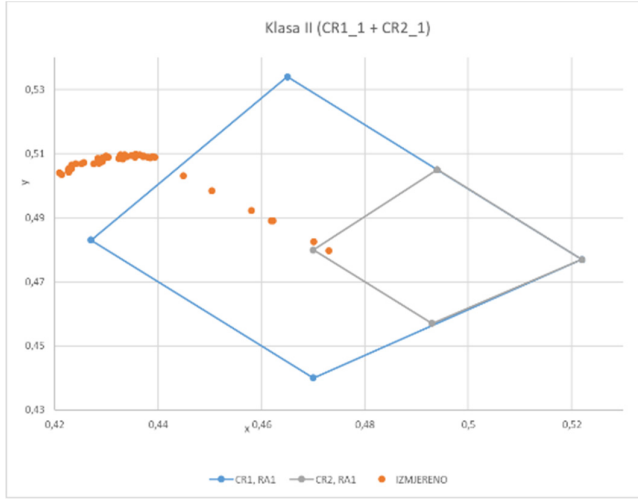


Prilog 7. Grafikoni kolorimetrijskih razreda za zelenu boju



Prilog 8. Grafikoni kolorimetrijskih razreda za žutu boju







Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad isključivo rezultat mojeg vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom Model za određivanje vrijednosti kromatike boja prometnih znakova u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

U Zagrebu,

16.09.2018.

Student/ica:

(potpis)